

**IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA EN EL PROCESO DE  
PRODUCCIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE EN LA EMPRESA  
GREEN HOPS**

**LORENA MICHELL AVENDAÑO ARGUELLO  
MERY ANNE ESCOBAR HITSCHERICH**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2017**

**IMPLEMENTACION DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA EN EL PROCESO DE  
PRODUCCION DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE EN LA EMPRESA  
GREEN HOPS**

**LORENA MICHELL AVENDAÑO ARGUELLO  
MERY ANNE ESCOBAR HITSCHERICH**

**Proyecto integral de grado para optar el título de:  
INGENIERO QUÍMICO**

**Director  
PEDRO MIGUEL ESCOBAR  
Licenciado en Química y Biología  
Químico industrial**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.  
2017**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Oscar Libardo Lombana Charfuelan  
Firma del presidente del Jurado

---

Ing. Diego Rodríguez  
Firma del jurado

---

Ing. Felipe Correa Mahecha  
Firma del jurado

Bogotá, D.C., 09 de junio de 2017

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro.

Dr. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados.

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General.

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías.

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química.

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIERREZ

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo de docentes no son responsables por los criterios ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## DEDICATORIA

*Agradecerle a Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. A mi madre Ana María Hitscherich, y padre Pedro Miguel Escobar por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaron. ¡Papá, Mamá! gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo. A mi hermana, Anne Nataly Escobar, por estar conmigo y apoyarme siempre, y ser mi fasti. A Todos mis amigos, Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos y por compartir los buenos y malos momentos. Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración del trabajo de grado.*

*Mery Anne Escobar Hitscherich.*

*Primero quiero agradecerle a Dios, por haberme permitido recorrer este camino que estuvo lleno de enseñanzas, un camino que no solo formo un profesional sino un ser humano integral, gracias por haberme dado la oportunidad de culminar un escalón de la etapa profesional que hoy inicia, a mis tíos y a toto, que me formaron, me apoyaron y creyeron en mí desde el momento que decidí emprender este largo camino, a mi mamá por haber estado ahí a lo largo de toda la carrera, a mi novio gracias por la paciencia, la disposición y la ayuda que me brindo, a cada persona que conocí y que hizo de esta aventura un recuerdo especial, a mi compañera de tesis que a pesar de los obstáculos, concluimos este proyecto y a cada persona que puso un granito de arena para que este sueño fuera posible.*

*Lorena Michell Avendaño Arguello*

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero, agradecemos a Dios por habernos dado la oportunidad de haber recorrido este camino académico y personal, que se convierte en el primer paso de nuestra vida profesional.

A nuestras familias, que con esmero, amor y sacrificio nos apoyaron y brindaron la posibilidad de obtener un título profesional,

A la empresa Green Hops, por permitirnos aplicar nuestros conocimientos en sus procesos, y habernos brindado la experiencia, los materiales y equipos necesarios para desarrollar nuestro proyecto de grado.

Al Químico y director del proyecto Pedro Miguel Escobar, por abrir las puertas de su empresa para la ejecución de nuestro proyecto, su disposición, dedicación y su experiencia, la cual fue determinante en la culminación exitosa del proyecto.

A la Fundación Universidad de América, Por habernos encaminado durante el transcurso de la carrera para ser futuros ingenieros que aporten conocimientos y formación a la sociedad.

A cada persona que apporto con conocimiento, materiales, recomendaciones y en general contribuyeron para que el desarrollo del proyecto fuera posible.

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	22
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. MARCOTEORICO	25
1.1 GENERALIDADES	25
1.1.1 Características de la cerveza artesanal.	25
1.1.2 Tipos de cerveza artesanal.	26
1.1.3 Fabricación de la cerveza	26
2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE	28
2.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL	28
2.2 MATERIAS PRIMAS	31
2.2.1 Agua.	31
2.2.1.1 Dureza del agua	32
2.2.1.2 Bicarbonatos (HCO-3)	32
2.2.1.3 Iones Ca+2	33
2.2.1.4 Iones Na+	33
2.2.1.5 pH.	33
2.2.1.6 Iones SO4-2	34
2.2.1.7 Iones Cl-	34
2.2.2 Cebada.	37
2.2.2.1 Malta.	38
2.2.3 Lúpulo	46
2.2.4 Levadura	49
2.2.4.1 Cepas de levadura	49
2.3 OPERACIONES UNITARIAS	53
2.3.1 Balance de masa global	53
2.3.2 Balance de masa por etapas de la empresa Green Hops.	57
2.3.3 Molienda.	62
2.3.4 Maceración.	64
2.3.4.1 Control	67
2.3.4.2 Duración de la maceración	67
2.3.5 Hervido y lupulado.	70
2.3.6 Adición de lúpulos.	72
2.3.7 Enfriado del mosto.	73
2.3.8 Filtración.	74

2.3.9 Fermentación.	75
2.3.10 Filtración posterior a la fermentación.	78
2.3.11 Maduración.	78
2.3.12 Envasado y maduración final.	79
2.4 PRODUCTO FINAL	81
2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
2.5.1 Selección operación unitaria	83
2.6 TOMA DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	92
3. FILTRACIÓN DE LA CERVEZA	96
3.1 TIPOS DE TURBIDEZ	97
3.1.1 Turbidez permanente.	97
3.1.2 Turbidez por presencia de levaduras.	97
3.1.3 Turbidez del frío.	97
3.2 TIPOS DE FILTROS	98
3.2.1 Contenedor de Cartuchos.	98
3.2.2 Filtro de Placas.	101
3.2.3 Tierra de diatomáceas	103
3.2.3.1 Método de filtración.	103
3.2.3.2 Medición de filtración.	104
3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE FILTRO.	104
4. IMPLEMENTACION DEL FILTRO CONTENEDOR DE CARTUCHO	107
4.1 PRODUCCIÓN PRIMER LOTE DE CERVEZA ARTESANAL ROJA TIPO ALE.	109
4.2 PRODUCCIÓN SEGUNDO LOTE DE CERVEZA ARTESANAL ROJA TIPO ALE.	111
4.3 PRODUCCIÓN TERCER LOTE DE CERVEZA ARTESANAL ROJA TIPO ALE.	112
4.4 ANALISIS DE RESULTADOS	113
4.4.1 Resultados con filtro de tela.	113
4.4.2 Resultados con filtro de contenedor de cartuchos.	115
4.4.3 Comparación entre filtros	117
5. ANALISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA IMPLEMENTADA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL	121
5.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO	121
5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN	124
5.2.1 Costos por lote individual.	125
5.2.2 Comparación lotes por tipo de filtro.	131
5.3 ANÁLISIS DE COSTOS EN PRODUCCIÓN ESTIMADA A NIVEL INDUSTRIAL	133
6. CONCLUSIONES	136

7. RECOMENDACIONES	138
BIBLIOGRAFIA	139
ANEXOS	143

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Etapas del proceso de producción de cerveza artesanal	27
Tabla 2. Clasificación de la dureza por CaCO <sub>3</sub> en el agua según la OMS	31
Tabla 3. Composición salina del agua en las principales ciudades cerveceras.	33
Tabla 4. Comparación de la Composición del agua suministrada por EMSERCHIA con la Resolución.	35
Tabla 5. Valores de IBU respecto a tipos de cerveza.	46
Tabla 6. Lúpulos más utilizados en la elaboración de cerveza.	47
Tabla 7. Características de levadura SAFALE S-04	50
Tabla 8. características de las materias primas utilizadas en Green Hops	51
Tabla 9. Materia prima cantidad utilizada	53
Tabla 10. Resultados de balance de masa	54
Tabla 11. Balance de masa para la elaboración de 1 lote de cerveza artesanal tipo ale roja de 34 L.	60
Tabla 12. Balance de masa de la molienda	58
Tabla 13. Balance de masa de la maceración	58
Tabla 14. Balance de masa de la cocción	59
Tabla 15. Balance de masa del intercambiador de calor	59
Tabla 16. Balance de masa del filtro #1	60
Tabla 17. Balance de masa de la fermentación	60
Tabla 18. Balance de masa del filtro # 2	61
Tabla 19. Balance de masa de la última fermentación	61
Tabla 20. construcción de matriz	84
Tabla 21. Criterios y conceptos	85
Tabla 22. Suma de los valores se observa como el criterio o alternativa	85
Tabla 23. Variables y nivel de importancia en la fabricación de cerveza artesanal.	86
Tabla 24. Tabla de conceptos.	87
Tabla 25. Matriz de positivos y negativos.	89
Tabla 26. Matriz de PUGH.	90
Tabla 27. Matriz Positivos.	90
Tabla 28. Matriz negativos.	90
Tabla 29. Datos primer lote de producción cerveza artesanal ALE roja.	92
Tabla 30. Datos segundo lote de producción cerveza artesanal roja.	93
Tabla 31. Datos tercer lote de producción cerveza artesanal roja.	93
Tabla 32. Datos promedio de tiempo en minutos de la producción de los lotes.	94
Tabla 33. Tabla de conceptos.	104
Tabla 34. Criterios e importancia.	105
Tabla 35. Matriz de PUGH.	105
Tabla 36. Tabla de Positivos y Negativos.	105

Tabla 37. Tabla tiempos de producción Lote No. 1 con filtro contenedor de cartucho	111
Tabla 38. Tabla tiempos de producción Lote No. 2 con filtro contenedor de cartucho.	112
Tabla 39. Tabla tiempos de producción Lote No. 3 con filtro contenedor de cartucho.	112
Tabla 40. Tabla resumen tiempos lotes con filtro de contenedor de cartucho.	113
Tabla 41. Informe de pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de tela.	114
Tabla 42. Promedio de resultados de pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de tela.	114
Tabla 43. Informe de pruebas microbiológicas lotes con filtro de tela.	115
Tabla 44. Informe pruebas fisicoquímicas lotes con filtro de contenedor de cartuchos.	115
Tabla 45. Promedio resultados pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de contenedor de cartuchos.	116
Tabla 46. Informe prueba microbiológica lotes con filtro de contenedor de cartucho.	116
Tabla 47. Comparación resultados pruebas fisicoquímicas entre lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho.	117
Tabla 48. Desviaciones pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho.	118
Tabla 49. Resultados microbiológicos lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho.	119
Tabla 50. Comparación tiempos de producción de lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartuchos.	120
Tabla 51. Especificaciones de la inversión.	121
Tabla 52. Supuesto de producción con capacidad real de Green Hops.	123
Tabla 53. Proyección de ventas de Cerveza Artesanal	124
Tabla 54. Costos lote 1 con filtro de tela.	126
Tabla 55. Costos lote 2 con filtro de tela.	127
Tabla 56. Costos lote 3 con filtro de tela.	128
Tabla 57. Costos lote 4 con filtro de contenedor de cartucho.	129
Tabla 58. Costos lote 5 con contenedor de cartucho.	130
Tabla 59. Costos lote 6 con filtro de contenedor de cartuchos.	131
Tabla 60. Comparación costo unitario filtro de tela/filtro contenedor de cartuchos	132
Tabla 61. Costos del supuesto de producción con filtro de tela.	134
Tabla 62. Costos del supuesto de producción con filtro de contenedor de cartucho.	135

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de producción actual de la empresa	29
Figura 2. Etapas de la fermentación alcohólica.	37
.Figura 3 Grano de cebada en germinación.	39
Figura 4. Tipos de malta utilizada para darle color a la cerveza.	41
Figura 5. Medición grados Lovibond de la cerveza.	43
Figura 6.las características de la malta Pilsen son:	44
Figura 7 Propiedades de la malta Pilsen, importada de Alemania por la DISTRINES insumos de cerveza.	45
Figura 8. Diagrama de proceso real de la producción de cerveza artesanal.	52
Figura 9 Diagrama de proceso real de la producción de cerveza artesanal.	63
Figura 10 Interior del molino.	63
Figura 11 Malta molida.	64
Figura 12 reacciones químicas del proceso de elaboración de la cerveza	67
Figura 13. Tela tipo malla y formación del "té"	69
Figura 14 Tanque macerador con aislante.	69
Figura 15. Unidad maceradora con recirculación.	70
Figura 16. Prueba de yodo.	70
Figura 17. Unidad de cocción.	71
Figura 18. Formación de capa espesa en la etapa de cocción.	72
Figura 19. Lúpulo utilizado en Green Hops.	73
Figura 20. Intercambiador duda hx-B3-12A-30 ST Beer Wort Chiller. Intercambiador.	74
Figura 21. Filtro de tela saturado.	75
Figura 22. Etapa de la primera fermentación.	78
Figura 23. Segunda fermentación.	79
Figura 24. Etapa de sellado.	80
Figura 25. Imagen del producto final.	82
Figura 26. Matriz PUGH.	88
Figura 27. Diagrama del proceso de filtración contenedor de cartucho.	99
Figura 28. Filtro de cartuchos de tanque abierto.	100
Figura 29. Filtro contenedores cartucho inyección de CO2.	100
Figura 30. Filtro de cartuchos con bomba de CO2.	101
Figura 31. Filtro de placas.	101
Figura 32. Comparación de cervezas: a) Cerveza artesanal sin filtrar. b) Cerveza artesanal filtrada por filtro de placas.	102
Figura 33. Montaje implementación filtro de placas.	103
Figura 34. Filtro PURTRES PX01-9 7/8.	107
Figura 35. Comparación: a) Agua sin filtrar. b) Agua filtrada.	108
Figura 36. Residuos de la filtración del agua.	108
Figura 37. Montaje en el proceso del filtro de contenedor de cartucho.	109
Figura 38. Diagrama de producción con filtro de cartucho.	110

Figura 39. Muestra de cerveza filtrada por filtro de contenedor de cartucho. 111

## LISTA DE ECUACIONES

	<b>pág.</b>
Ecuación 1. Ecuación IBU.	46
Ecuación 2. Suma Positivos.	88
Ecuación 3. Suma Negativos.	88
Ecuación 4. Suma Iguales.	88
Ecuación 5. Ecuación valor total.	89

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>pág.</b>
Gráfica 1. Balance de masa empresa GREEN HOPS	53
Gráfica 2. Diagrama de procesos Balance de masa por etapas.	60
Gráfica 3. Ejemplo representación gráfica matriz pugh	86
Gráfica 4. Selección gráfica de la operación unitaria con mayor influencia.	91
Gráfica 5. Selección de Filtro.	106
Gráfica 6. Comparación de promedios filtro de tela y filtro de cartucho.	118
Gráfica 7. Comparación de desviaciones con filtro de tela y filtro de cartucho.	119

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A–Levadura tipo Ale SAFALE S-04	143
Anexo B–Ficha técnica del lúpulo cascade	145
Anexo C–Información cartucho utilizado en el proceso.	146
Anexo D–Resultados de laboratorio Lote No. 1 Filtro de Tela.	147
Anexo E–Resultados de laboratorio Lote No. 2 Filtro de Tela.	149
Anexo F–Resultados de laboratorio Lote No. 3 Filtro de Tela.	151
Anexo G–Resultados de laboratorio Lote No. 1 Filtro de contenedor de cartucho.	153
Anexo H–Resultados de laboratorio Lote No. 2 Filtro de contenedor de cartucho.	155
Anexo I–Resultados de laboratorio Lote No. 3 Filtro de contenedor de cartucho.	157

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
°C	Grados Celsius
BU	Bitterness Units
IBU	International Bitterness Units
BJCP	Beer Judge Certification Program
SMR	Standard Reference Method
AA	Alfa-ácidos
cm	Centímetro
g	Gramo
h	Hora
kg	Kilogramo
L	Litro
min	Minuto
ml	Mililitro
mm	Milímetro
NTU	Unidades Nephelométricas de Turbiedad
pH	Concentración de iones hidrógeno [H] <sup>+</sup> Presentes en determinadas disoluciones
s	Segundo
SST	Sólidos Suspendidos Totales
T	Temperatura

## GLOSARIO

**ALE:** cerveza elaborada por fermentación alta.

**CEBADA:** principal ingrediente en la elaboración de la cerveza.

**EXTRACTO (DEL MOSTO):** cantidad de sólidos solubles en 100 g. o ml. El 90 % aproximadamente son azúcares y el 70% aprox. fermentables.

**FERMENTACIÓN:** proceso en el que el azúcar se transforma en alcohol y anhídrido carbónico por acción de las levaduras. Es el mismo término anterior.

**LAGER:** cerveza elaborada por fermentación baja. Significa almacenar o guardar en alemán.

**LEVADURAS:** microorganismos que transforman el azúcar en alcohol y anhídrido carbónico durante la fermentación.

**LÚPULO:** planta trepadora utilizada en la elaboración de cerveza que le da su amargor típico.

**MALTA:** grano germinado y tostado utilizado para elaborar cerveza.

**PALE ALE:** cerveza pálida, amarga y normalmente envasada en botella.

**WEIZENBIER:** cerveza de trigo, en alemán.

**ZWICKBELBIER:** término que indica cerveza sin filtrar.

## RESUMEN

Green Hops, ubicada en el Municipio de Chía-Cundinamarca es una empresa dedicada a la fabricación de cerveza artesanal, una de las industrias que a nivel nacional está teniendo un crecimiento acelerado y un mercado que está generando diferentes oportunidades para los inversionistas. A pesar de esto, la empresa Green Hops en su proceso de fabricación ha tenido inconvenientes debido a la falta de precisión en etapas determinantes durante el proceso, tales como la maceración, molienda, filtración y fermentación, lo que a su vez genera un aumento en los tiempos de producción, disminución en la calidad del producto final (por ejemplo, la turbidez, grados de alcohol, sólidos suspendidos, entre otros), e incluso pérdidas de lotes de producción.

En el caso de Green Hops, se ha identificado que el trabajo del operario y las condiciones implementadas en el proceso son la causa principal de que los resultados de la fabricación de la cerveza no sean los esperados, provocando pérdidas de materia prima, insumos, pago de horas extras a operarios, demoras en los tiempos, pérdidas de lotes y una baja calidad del producto final. Por este motivo, el análisis y la mejora de las etapas determinantes del proceso es un punto fundamental para hacer un proceso eficiente y rentable.

Para renovar el proceso, se analizaron los datos reales de la empresa y se investigaron las posibles alternativas que mejorarían los tiempos, las características del producto final y la rentabilidad del proceso, por tal motivo se realizó un diagnóstico del proceso actual de la empresa, en el cual se determinó la operación unitaria con mayor incidencia mediante una matriz y una toma de datos, a partir de esto, se hizo un análisis bibliográfico seleccionando las alternativas más apropiadas desde el punto de vista técnico, implementando la mejor alternativa, mediante la utilización de una matriz PUGH (Se trata de una matriz de puntuación utilizada para la selección de conceptos en la que se asignan puntuaciones a las opciones en relación con los criterios, la selección se realiza con base a los puntajes consolidados, esta herramienta ayuda con la selección de la mejor opción) donde se evidenció una mejora en los análisis físicos y microbiológicos del producto final, junto con una nueva toma de datos. Finalmente se realizó un análisis de costos de la alternativa implementada junto con una escala industrial demostrando una mejora general en el proceso de producción.

PALABRAS CLAVE: fermentación, filtración, levadura, cocción, maceración

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad el mejoramiento de la elaboración de cerveza artesanal, un estudio de las técnicas y procesos que garanticen la calidad y rentabilidad del proceso; En la empresa Green Hops se implementan diferentes operaciones unitarias como molienda, maceración, filtración, fermentación, entre otras, las cuales tienen como objetivo mantener las propiedades organolépticas y nutricionales de la cerveza artesanal.

Actualmente el proceso de fabricación de cerveza artesanal, independiente del tipo de cerveza que se desee producir tiene una duración aproximada de 12 horas, sin contar los tiempos de fermentación y maduración; Los resultados que se obtienen de estos procesos, como la calidad de la cerveza, los tiempos de producción, y los costos de operación, dependen actualmente de la pericia del cervecero, lo cual impacta en las características organolépticas del producto. A causa del trabajo manual se han observado pérdidas de lotes de producción, debido a las fallas detectadas en el proceso, tales como: diferencias importantes en los grados de alcohol del producto final desde 2.0 a 5.0 grados, la turbidez variable debido a problemas en la recirculación, y las propiedades organolépticas no estándar como el color, el aroma, el sabor agradable, el cuerpo y la transparencia.

En el proceso de producción de cerveza artesanal requiere precisión en sus condiciones y actividades para asegurar un producto que cumpla con las características deseadas, por lo tanto, se necesita intervenir y corregir las fallas que afectan directamente la producción.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Implementar una alternativa de mejora en el proceso de producción de la cerveza artesanal tipo ALE en la empresa Green Hops.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Diagnosticar el proceso actual en la producción de la cerveza artesanal tipo ALE.
2. Seleccionar las alternativas desde el punto de vista técnico para el mejoramiento del proceso.
3. Determinar las especificaciones técnicas de la alternativa seleccionada en el proceso de producción.
4. Analizar los costos de la propuesta de mejora en el proceso de producción de la cerveza artesanal.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 GENERALIDADES

“Se denomina cerveza a una bebida alcohólica, no destilada, de sabor amargo que se fabrica con granos de cebada u otros cereales cuyo almidón, una vez modificado, es fermentado en agua y frecuentemente aromatizado con lúpulo. Su aspecto puede ser cristalino o turbio. Su graduación alcohólica puede alcanzar hasta cerca de los 30% vol., aunque principalmente se encuentra entre los 3 y los 9% vol.”<sup>1</sup>.

La cerveza artesanal es una bebida llena de naturalidad, dado que en su elaboración se utilizan materias primas tradicionales, en estado puro, natural y sin procesamientos químicos, tiene cuatro ingredientes básicos que son la malta, agua, lúpulo y levaduras. La cerveza también recibe su nombre de artesanal dado que todo el proceso de producción se realiza de forma manual, en el cual no se busca la cantidad si no la calidad, la elaboración de esta se da en pequeñas cantidades por lo tanto cada etapa del proceso es controlada y supervisada para obtener un producto final de gran calidad<sup>2</sup>.

La diferencia entre la cerveza artesanal y la cerveza comercial se basa en los costos de producción y costo de los ingredientes, las empresas que producen cerveza comercial buscan ingredientes y procesos económicos, contrario a la cerveza artesanal, la cual busca dar unas características especiales a la bebida cuidando la calidad de los ingredientes y no su costo.

**1.1.1 Características de la cerveza artesanal** las características que buscan describir la calidad de la cerveza artesanal son:

- **Brillo y Transparencia:** la cerveza debe ser clara y brillante. El brillo y la transferencia pueden deberse a deficiencias en la filtración, contaminaciones microbianas, E.T.C.
- **Color:** en el mercado existen diferentes tipos de cerveza que debido a su color puede ser rubia, negra o roja. Estos colores dependen de la malta dado que el color del Mosto establece el color de la cerveza.

---

<sup>1</sup> GARCÍA DONALDO YEPES. Elaboración y producción de la cerveza.[En línea: ] 10 de enero 2007. <http://www.mailxmail.com/curso-elaboracion-produccion-cerveza/caracteristicas-identidad-cerveza>. [Consultado el 19 de mayo del 2017.]

<sup>2</sup> VINO PREMIER, DIFERENCIAS ENTRE UNA CERVEZA ARTESANAL E INDUSTRIAL. [En línea desde 29 de 08 de 2014].<https://devinosconcarla.com/2014/08/29/diferencias-entre-una-cerveza-artesanal-e-industrial/> [Consultado el 1 de agosto de 2017].

- Contenido alcohólico y Densidad o Extracto: en mercado se pueden encontrar cervezas de bajo contenido alcohólico (3%-4%) y otras cervezas con alto contenido alcohólico (7%- 12%). El grado alcohólico depende de la relación de azúcares fermentables y carbohidratos no fermentables
- Espuma: La formación de la espuma depende del contenido de gas carbónico y de las proteínas que al final contiene en suspensión la cerveza<sup>3</sup>

**1.1.2 tipos de cerveza artesanal.** En la industria de cerveza artesanal maneja la clasificación según las siguientes familias.

- Familia de las Ale: el grupo de cervezas denominadas *ALE* utilizan levaduras de fermentación alta. Esta característica marca la diferencia entre las dos grandes familias de cervezas: *ALE* y *LAGER*. El término *ALE* no describe el color, estilo o cuerpo de la cerveza sino la fermentación. Las cervezas de esta familia pueden ser variables en términos de palidez, cuerpo, graduación alcohólica y amargor, estos resultados dependerán principalmente de la cantidad y tipo de malta utilizada en la fabricación, del lúpulo y del tiempo de maduración<sup>4</sup>.
- Familia de las Lager: el grupo de cervezas denominadas *LAGER*, son cervezas elaboradas por fermentación baja. Actualmente a nivel mundial es la manera más común para la producción de cerveza siendo el estilo Pilsen el más reconocido<sup>4</sup>.
- Cervezas de trigo: son cervezas fabricadas con una mezcla de trigo y cebada de fermentación alta. La característica que la define es su carácter ácido, refrescante y espumoso y por el aspecto como de neblina que tienen las cervezas no filtradas, también se conocen como cervezas blancas<sup>4</sup>.
- Familia de las Lambic las cervezas de la familia Lambic son cervezas de fermentación espontánea, son cervezas ácidas y poco amargas debido a que se envejecen los lúpulos para evadir ese amargor<sup>4</sup>.

**1.1.3 Fabricación de la cerveza** La cerveza consta de cuatro ingredientes básicos: malta, lúpulo, levadura y agua. La cerveza es un producto que varía dependiendo del proceso de fabricación.

---

<sup>3</sup> CERVEZAS DEL MUNDO. Proceso de elaboración. [En línea ].de <https://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/proceso-de-elaboracion>. [Consultado el 04 de 05 de 2017.]

<sup>4</sup> PIRINEOS. AVDA. Club de Cervezas del Mundo. Tipos de cerveza. MADRID, San Sebastián de los Reyes. (2014) [Consultado el 04 de 05 de 2017.]

Cuando se realiza el proceso de fabricación desde la cebada y se desea obtener malta, es necesario dejarla que germine hasta que se haya producido una cantidad suficiente de enzimas y la actividad química de éstas alcance el grado necesario para elaborar cerveza. Cuando se cumpla esto se interrumpe el proceso de germinación y después se lleva a temperatura relativamente alta<sup>5</sup>

Después de esto se lleva al proceso de sacarificación, el cual consiste en convertir la materia prima, es decir, la malta y los ingredientes adicionales, en mosto. Se realiza la operación de maceración, donde la malta se adiciona en un recipiente de cobre a los que se le agrega agua, con agitación mecánica y calentamiento, se hace hervir la mezcla durante unos minutos para beneficiar la actividad de las enzimas sobre el almidón<sup>5</sup>.

El mosto que resulta de esta filtración se almacena en una caldera y se hierve para esterilizarlo, en este punto del proceso se le añade el lúpulo, el cual tiene como objetivo dos partes claves: Inhibir procesos enzimáticos principalmente de diastasa, y proporcionar el aroma característico de la cerveza.

Una vez se ha dado la cocción del mosto, por sedimentación las proteínas coaguladas se separan y los precipitados insolubles en el agua se depositan en el centro, el cual se separa del mosto. La aireación se realiza moviendo el caldo con aire mientras se mezcla la levadura en el mosto.

La clave de la calidad de la cerveza artesanal es la fermentación, ya que será la que del resultado final de los grados de alcohol que contenga, y depende de la premisa del mosto para realizar una buena fermentación; al mosto se le añade la levadura para que realice toda la actividad enzimática y convierta los azúcares fermentables en alcoholes<sup>5</sup>.

Por último la cerveza ya fermentada se almacena a temperaturas bajas durante un tiempo variable. Se le da un segundo reposo y se filtra preparando la cerveza para su envasado y pasteurización.

---

<sup>5</sup>CERVEZAS DEL MUNDO. Proceso de elaboración. [En línea ].de <https://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/proceso-de-elaboracion>. [Consultado el 04 de 05 de 2017].

## 2. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE

En el proceso de producción de la cerveza artesanal tipo ALE se ven implicadas diferentes operaciones unitarias las cuales, en esta investigación se describirán especificando temperaturas, tiempos y cantidad con ayuda de un balance de masa.

Para realizar el diagnóstico del proceso actual en la empresa Green Hops, se elaboraron tres lotes de cerveza artesanal tipo ALE roja, en el inicio se detallaron las especificaciones por cada etapa en busca de la alternativa de mejora respecto de las propiedades físico-químicas de la cerveza.

### 2.1 GENERALIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL

En la Tabla 1 se enumeraron las operaciones unitarias, las materias primas y equipos utilizados en el proceso de fabricación de la cerveza Ale tipo roja.

Gran parte del proceso se realiza de manera manual y depende estrictamente del operador.

**Tabla 1. Etapas del proceso de producción de cerveza artesanal**

Etapa	Materia prima/Insumo	Equipo	Operación
<b>1</b>	<b>Malta</b>	<b>Molino</b>	<b>Molienda</b>
			Reducción del diámetro de la partícula de los tipos de malta utilizadas, según fórmula diseñada.
<b>2</b>	<b>Agua Caliente</b>	<b>Tanque macerador</b>	<b>Maceración</b>
			Obtención del mosto para la producción de cerveza artesanal.

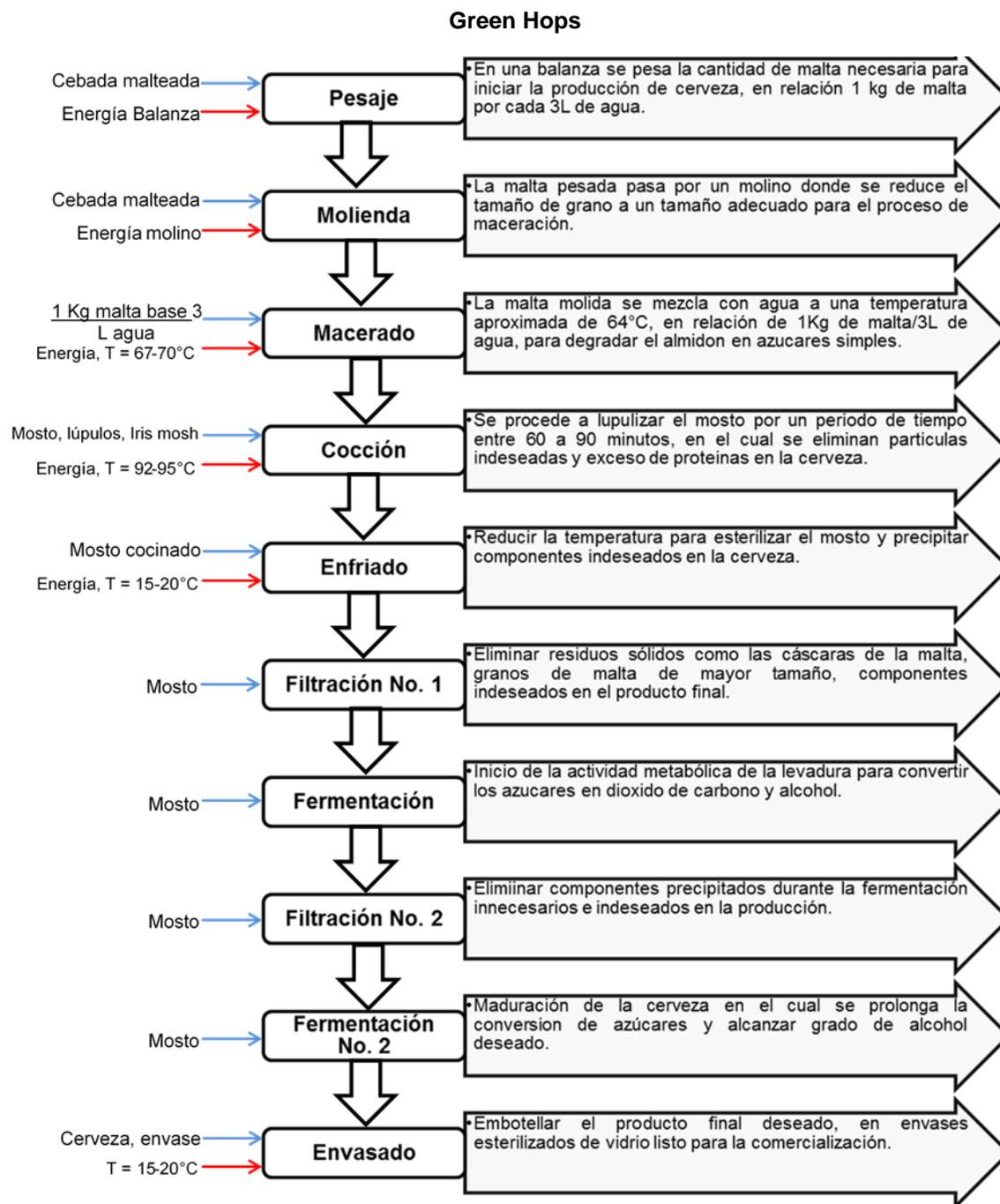
Tabla 1. (Continuación)

Etapa	Materia prima/Insumo	Equipo	Operación
3	Lúpulo	Ollas para cocción	Cocción
			Aumento de la Temperatura para darle cuerpo a la cerveza e inactivación de enzimas y adición del lúpulo.
4	Agua	Intercambiador de calor	Refrigeración
			Disminución de temperatura hasta temperatura de inoculación de la levadura.
5	Mosto	Filtro de tela	Filtración
			Eliminación de partículas con mayor diámetro de partícula que influyen en las propiedades deseadas de la cerveza.
6	Levadura	Tanque de fermentación	Fermentación
			Obtención del producto final, conversión de azúcares simples en alcohol y dióxido de carbono.

En la figura 1 se muestra un esquema general del proceso en la empresa Green Hops desde el momento que se recibe la materia prima hasta la etapa donde el producto fue totalmente transformado y puede ser consumido por el cliente final.

La figura representa las etapas del proceso de producción de la cerveza artesanal tipo ALE independiente del tipo de cerveza que se busque producir, en el esquema se representan las materias primas e insumos utilizado en cada etapa con flechas de color azul; La energía y condiciones de cada etapa con flecha de color rojo. En la figura 1 también se muestra una breve introducción del objetivo en cada etapa para obtener un producto que cumpla las expectativas del productor y del consumidor final de la cerveza.

**Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de producción actual de la empresa**



En el proceso de producción de la cerveza artesanal se debe preservar la calidad de la cerveza desde el origen, esto se controla con la especificación de las materias primas utilizadas, pues dependiendo de las propiedades de estas, se obtendrá un producto con propiedades buenas, regulares o malas. En la producción de cerveza artesanal se tienen 4 ingredientes que conforman el corazón de la cerveza que son:

agua, cebada, lúpulo y levadura. A continuación, se describirán las características de cada ingrediente, el tipo de propiedades que proporciona a la cerveza y el cambio en la calidad del producto final.

## 2.2 MATERIAS PRIMAS

La calidad de la cerveza lista para embotellar y comercializar radica principalmente en el tipo de ingredientes, materias primas e insumos utilizados, cada materia prima debe darle al productor la confianza de que la cerveza que se obtendrá va a cumplir con las características que el consumidor busca en una cerveza artesanal.

**2.2.1 Agua.** El agua es un factor clave en la producción de cerveza artesanal, dado que cumple dos funciones específicas: la primera y la más importante es el medio líquido que entrara en contacto con la malta para formar la mezcla o comúnmente llamado el mosto, necesario para realizar una maceración con buen rendimiento y una buena cantidad de azúcares fermentables; la segunda función, es como fluido de servicio en el intercambio de calor, ayudando a disminuir la temperatura del mosto para esterilizar y separar partículas y componentes indeseados en la cerveza.

Para la primera función, el agua utilizada debe cumplir con estándares de calidad y ser aptas para el consumo humano y la producción de cerveza, según la Resolución 2115 de 22 de junio de 2007 Ministerio de la Protección social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano<sup>6</sup> y decreto 1575 de 2007 del Ministerios de Ambiente y Desarrollo Territorial, se señala el sistema para la protección y control de calidad del agua para el consumo humano<sup>7</sup>.

Al inicio del proceso de elaboración de la cerveza artesanal, se calcula la cantidad de agua necesaria con una relación, por cada kilogramo de malta utilizada, serán necesarios 3 litros de agua.

En la empresa Green Hops actualmente se utiliza agua potable suministrada por la empresa de acueducto y alcantarillado *EMSERCHIA* para las dos funciones, sin embargo, para la producción de cerveza artesanal se deja en un período entre 12 y 18 horas, con el fin eliminar totalmente el cloro presente.

---

<sup>6</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia.[ Consultado el 10 mayo del 2017]

<sup>7</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL. Decreto número 1575 del 9 de mayo del 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua. Colombia. [Consultado el 10 de mayo de 2017].

Existen parámetros de los componentes que son adecuados para la producción de cerveza artesanal y la influencia que tendrá en la calidad del producto, los parámetros a evaluar son:

**2.2.1.1 Dureza del agua** la dureza del agua debe ser previamente identificada por el maestro cervecero ya que este parámetro tiene incidencia directa en las propiedades finales del producto<sup>8</sup>.

La dureza del agua es la concentración de compuestos minerales como sales de magnesio y calcio en una determinada cantidad, según lo instaura la Organización Mundial de la Salud (OMS) la concentración de carbonato de calcio  $\text{CaCO}_3$  determina la dureza del agua<sup>8</sup>.

**Tabla 2. Clasificación de la dureza por  $\text{CaCO}_3$  en el agua según la OMS**

<b>CONCENTRACION <math>\text{CaCO}_3</math> (mg/L)</b>	<b>TIPO DE AGUA</b>
0-60	Blanda
61-120	Moderadamente dura
121-180	Dura
180	Muy dura

Fuente. Fabricar Cerveza. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado el 11 de mayo de 2017.]

**2.2.1.2 Bicarbonatos ( $\text{HCO}^{-3}$ )** los bicarbonatos pueden generar cambios en las propiedades de la cerveza y dificultades a lo largo del proceso de producción. Los problemas que genera la presencia de bicarbonatos en el agua utilizada en el proceso estos son<sup>8</sup>:

- Evitar la acidificación en el proceso del macerado y por lo tanto si contiene niveles bajos, la papilla será demasiado ácida influyendo especialmente cuando se utilizan maltas oscuras.
- Interfiere durante la fermentación con los agentes clarificantes al secuestrar iones calcio.

<sup>8</sup> FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. . [Consultado el 11 de 05 de 2017.]

- Disminuye el efecto de los sulfatos a la hora de extraer las resinas del lúpulo<sup>9</sup>.

**2.2.1.3 Iones Ca<sup>2+</sup>** El ion de calcio es el principal encargado de la dureza del agua, y tiene un papel muy importante en la elaboración de la cerveza: las funciones que cumple en la elaboración son:

- Reduce el PH al acidificar la papilla durante el macerado al reaccionar con los fosfatos procedentes de la malta.
- Facilita la precipitación de proteínas en el punto de ebullición, estableciendo puentes ion-proteína,
- Ayuda al metabolismo de las levaduras ya que es un buen nutriente permitiendo y su actividad en el proceso.
- Los niveles óptimos de calcio están entre 50 a 100mg/l, para la elaboración de la cerveza artesanal<sup>10</sup>.

**2.2.1.4 Iones Na<sup>+</sup>**. El sodio contribuye al cuerpo y la sensación en la boca de la cerveza, pero si se usa en grandes cantidades, puede producir un efecto demasiado salado en el resultado final de la cerveza.

Normalmente, niveles de sodio entre 10-70 mg/l se consideran aceptables, y niveles de más de 150 mg/l pueden potenciar el cuerpo malteado, En cualquier caso, niveles por encima de 200 mg/l son totalmente indeseables<sup>11</sup>.

**2.2.1.5 pH.** El pH indica la concentración de iones hidrónico (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) presentes en determinadas sustancias, en el caso específico del agua el valor promedio redondea el 7 tendiendo a ser neutro.

La media ideal para que las enzimas realicen el proceso de maceración correctamente ronda entre los 5.2 y los 5.5. Además, mantener el nivel de pH cerca de 5.5 también será ideal para la extracción y transformación del lúpulo durante la cocción, la precipitación de proteínas, la clarificación del mosto e incluso el proceso de fermentación<sup>12</sup>.

---

<sup>9</sup>FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado el 11 de mayo de 2017.]

<sup>10</sup> Ibíd., <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>

<sup>11</sup> Ibíd., <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>

<sup>12</sup> FRECCIA NICO. The power of pH. junio 1997. [Consultado el 10 de mayo 2017.]

**2.2.1.6 Iones SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>.** Los iones de sulfatos mejoran la extracción de las resinas del lúpulo facilitando el amargor y el sabor seco en la producción de cerveza artesanal, pero si la cantidad es muy alta (mayor a 100 mg/L) tendrá como consecuencia sabor y aroma desagradable, dañando todo el lote de cerveza<sup>13</sup>.

**2.2.1.7 Iones Cl<sup>-</sup>.** El Cloruro Realza el carácter dulce de la malta, pero en cantidades altas aportan sabores desagradables como sabor a clorofenoles, es decir, un sabor medicinal<sup>13</sup>.

El cloruro se dice que es corrosivo para el equipo fábrica de cerveza, incluyendo acero inoxidable, a concentraciones superiores a 100 ppm<sup>13</sup>.

Concentraciones superiores a 300 ppm pueden tener efectos negativos en la clarificación de la cerveza, el cuerpo y la estabilidad coloidal<sup>13</sup>.

El carbón activo se utiliza para la eliminación o disminución de la cantidad de iones, el cual absorbe las impurezas disueltas, sabores y olores desagradables del agua. Otra forma de eliminar este componente es llevar el agua a su punto de ebullición o dejar reposo de 12 horas o más preferiblemente en la noche, como se realiza en la empresa Green Hops. Ver tabla 3 Composición salina del agua en las principales ciudades cerveceras.

**Tabla 3. Composición salina del agua en las principales ciudades cerveceras.**

LUGAR/ COMPOSICIÓN (PPM)	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>
DORTMUND	180	69	106	260	261	23
DUBLI	319	12	19	54	117	4
LONDON	156	99	60	77	52	16
MUNICH	152	10	2	8	75	18
PILSEN	14	2	5	5	7	2

Fuente. Fabricar Cerveza. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado el 11 de mayo de 2017.]

La elaboración de cerveza es una actividad que requiere de una gran cantidad de agua. El maestro cervecero debe analizar de manera cuidadosa el tipo de agua que utilizara en el proceso, ya que esta materia prima beneficiara o afectara el cuerpo de la cerveza, aroma, amargor, sabor directamente.

<sup>13</sup> FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. [Consultado el 11 de mayo de 2017.]

La mayor parte de esta agua se utiliza para la limpieza, otra parte se pierde por evaporación, y otra cantidad se pierde o se reutiliza en otras actividades de la fábrica. En la elaboración de productos aptos para el consumo humano se deben cumplir una serie de requisitos para asegurar que no serán nocivos o causen alguna patología ( resolución 2115 de 22 de junio de 2007 y decreto 1575 de 2007 de Ministerios de Ambiente, vivienda y Desarrollo territorial)<sup>14</sup> en el caso puntual de la elaboración de cerveza el hecho de que sea agua potable, no significa que sea un agua ideal para el proceso ya que como se ha anunciado anteriormente en cada uno de los iones presentes en el agua.

Cada fuente de agua tendrá sus propias características y diferentes perfiles químicos, por lo tanto, diferentes beneficios para cada estilo de cerveza.

En general las características que debe tener el agua apropiada para la elaboración de la cerveza son:

- Un mínimo de 50 a 100 ppm de iones de calcio.
- De 50 a 150 ppm de alcalinidad total para cervezas de pálidas a tostadas.
- De 200 a 300 ppm de alcalinidad total para cervezas de estilos oscuros, aunque no será apropiada, dará un sabor característico de la cerveza oscura.
- Proporciones más altas de 4:1 e incluso 8:1 pueden crear un carácter lúpulo firme y seco, y previenen altamente cervezas amargas de ser empalagosas.
- En todos los tipos, la concentración total de todos los minerales debe ser gestionados para producir el carácter deseado<sup>15</sup>.

Para la empresa Green Hops el agua es un ingrediente muy importante, por ello ha realizado análisis fisicoquímicos de la calidad del agua suministrada por la empresa EMSERCHIA realizados en febrero de 2017, en la tabla 4 se muestran las características fisicoquímicas del agua utilizada en Green Hops, comparada con la Resolución 2115 de 2007<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Colombia. [Consultado el 10 mayo del 2017]

<sup>15</sup> PALMER JOHN. How to brew, Everything You Need To Know To Brew. Boulder, Colorado: Brewers Publications .2006 [Consultado el 11 mayo del 2017]

<sup>16</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, op. Cit,

**Tabla 4. Comparación de la Composición del agua suministrada por EMSERCHIA con la Resolución.**

<b>COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL AGUA</b>		<b>RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUA GREEN HOPS</b>	<b>LÍMITES PERMISIBLES RESOLUCIÓN 2115/2007</b>
<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Resultados</b>
Cloruros	mg/L Cl-	27.3	250
Coliformes totales	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	0
Color Aparente	UPC	7	15
Dureza Total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	33	300
E coli	UFC/100 cm <sup>3</sup>	0.0	0
Cloro Residual	mg/L	0.00	0.3-0.2
Conductividad	us/cm a 25°C	166.0	1000
pH	Unidades	7.36	6.5-9.0
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	14.9	250
Turbiedad	UNT	1.2	2

Fuente. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia.[Consultado el 10 mayo del 2017]

En los resultados de laboratorio, las muestras de agua tomada y comparadas con la resolución 2115 de 2007(señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano), indicaron que la calidad del agua en la elaboración de cerveza artesanal utilizada en Green Hops es de buena calidad y cumple con las características que requiere la empresa como cloruros, color, turbiedad, ausencia de patógenos, dureza total, sulfatos (bajo en sales) y pH estable y sin cloro residual, los cuales se encuentran por debajo de los límites permisibles de la resolución 2115 de 2007 emitida por Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia.[ Consultado el 10 mayo del 2017]

**2.2.2 Cebada.** La cebada es una planta anual monocotiledónea, gramínea perteneciente a la familia de las poáceas, representada por dos especies: *Horneum Districhum* comúnmente llamada cebada cervecera y *Hordeum Hexastichon* que se usa como forraje.

La cebada es la encargada de proporcionar carbohidratos, minerales, ácidos orgánicos y vitaminas a la cerveza. Se maltea germinando el grano de cebada, eliminando la humedad y el horneándolo al gusto o la necesidad del productor, según la receta del cervecero<sup>18</sup>.

La cebada es un cereal de gran importancia para el ser humano en su dieta, llegando a ser el quinto cereal más cultivado a nivel mundial. En el proceso de malteado lo que se fuerza es la germinación del grano mediante su inmersión en agua, para luego detener este proceso secándolo rápidamente con aire caliente<sup>19</sup>.

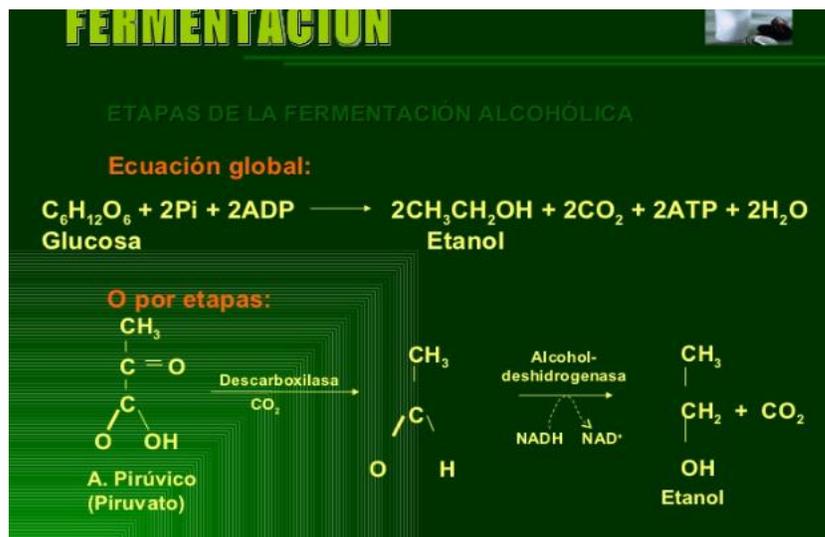
La malta es el centro y alma de la cerveza, y corresponde al segundo ingrediente más importante usado refiriéndose en términos de cantidad en el proceso, siendo primero el agua. La función de la malta en el proceso de elaboración de cerveza es aportar los azúcares fermentables que posteriormente la levadura se encargara de convertir en alcohol y dióxido de carbono, ver figura 2 También es el principal agente que le proporciona a la cerveza el color, aroma, cuerpo y uno de los mayores contribuyentes al sabor. La malta está compuesta por proteínas que cumplen la función de dar estructura a la espuma, mientras que los minerales que contiene proporcionan la mayoría de los nutrientes esenciales que necesita la levadura para desarrollarse<sup>19</sup>. En Green Hops no se utiliza cebada directamente, se adquiere malta tipo pilsen con la cual se realiza la cerveza. Esta malta (o cebada malteada) es luego tostada para que adquiera distintos colores y características. Es por este tostado que actualmente se cuenta con una diversa variedad de maltas en el mercado, disponibles para grandes y pequeños cerveceros: malta pilsen, malta caramelo y malta tostada, que se pueden encontrar en los locales de insumos cerveceros.

---

<sup>18</sup> ATLAS ILUSTRADO DE LA CERVEZA. Historia, tipos, gastronomía. Madrid: España. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

<sup>19</sup>CERVEZA ARTESANA. 2014. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

Figura 2. Etapas de la fermentación alcohólica.



Fuente: Anna Herrera. Universidad de Carabobo 2015 [En línea:] <https://es.slideshare.net/annaherrera/fermentaciones-industriales> [Consultado el 14 de febrero del 2017]

**2.2.2.1 Malta.** En términos específicos la malta se refiere a los granos de cereal que han pasado por el proceso de malteado. El proceso de malteado se basa en la germinación controlada de los granos y su posterior secado/horneado. El objetivo del malteado es activar las enzimas diastáticas presentes en el grano de cebada, que posteriormente deben convertir los almidones de los granos en azúcares fermentables. Asimismo, este proceso proporcionará ciertas propiedades físicas como el color y el aroma característicos que después contribuirán al carácter final de la cerveza<sup>20</sup>.

La malta utilizada en Green Hops es tipo Pilsen, es la malta más suave de todas, y le da a la cerveza un sabor que oscila entre lo dulce y granulado. A pesar de su nombre, la malta pilsen se puede utilizar como malta base en muchos otros tipos de cerveza.

La malta Pilsen es la malta base estándar para cervezas claras. Elaborada a partir de cebada cervecera de dos hileras, produce mostos de fácil filtrabilidad, color ámbar claro y buen contenido enzimático. Puede usarse tanto en procesos de maceración de infusión simple como de temperatura programada.

<sup>20</sup> CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

- **Proceso de malteado:** para el proceso de malteado, únicamente se seleccionan los granos de la más alta calidad. Esta selección debe cumplir con unos parámetros de alto contenido de almidón, un tamaño uniforme de grano, bajo contenido de nitrógeno y el alto poder diastático. El término diastático se refiere a la habilidad de los granos para descomponer las moléculas complejas que contiene el almidón en azúcares más simples para la elaboración de la cerveza, y depende de la cantidad de enzimas diastáticas contenidas en el grano<sup>21</sup>.

El proceso de malteado consta de tres fases:

El remojo y la germinación.

El secado.

El horneado final<sup>21</sup>.

- **Remojo y germinación:** el proceso de malteado inicia cuando los granos de cebada se ponen en remojo durante un periodo de tiempo entre 38 y 46 horas, hasta que absorban aproximadamente el 50% de su peso inicial en agua, inmediatamente se escurren y se trasladan a una sala de germinación, donde se mantienen con una humedad y una temperatura constante por cuatro días. Los granos tienen que ser removidos periódicamente para que mantengan una temperatura de entre 15 y 24°C, la cual busca favorecer la germinación. En el proceso germinativo se aprovecha el ciclo de crecimiento natural de la planta, para activar las enzimas presentes en el grano. Estas enzimas empiezan con el proceso de descomponer las proteínas y los almidones alojados en el centro del grano. El momento que se están descomponiendo las proteínas y los almidones se denomina modificación. La mayoría de malta actualmente utilizada para la elaboración de cerveza es altamente modificada, lo que se traduce en una cantidad importante de desarrollo enzimático<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> CERVEZA ARTESANA. 2014. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017].

.Figura 3 Grano de cebada en germinación.



Fuente. CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el Citado el: 13 de 05 de 2017.

- **Secado:** La germinación se interrumpe mediante el secado, en el cual se reduce la humedad del grano de 45 % hasta 4 ó 5 %, en unas 24 horas, mediante un proceso de 2 etapas, para evitar la inactivación de enzimas: la primera etapa se lleva a cabo a temperaturas de 55 a 60 °C, hasta llegar a 12 % de humedad; en la segunda etapa, se utilizan temperaturas entre 65 y 75°C para alcanzar 4 ó 5% de humedad. El control de la temperatura es fundamental para conservar la actividad enzimática<sup>22</sup>:

Cuando la “malta verde” se seca se obtiene “malta pálida”

Cuando la “malta verde” se tuesta se obtiene “malta caramelo”

Cuando la “malta pálida” se tuesta se obtiene “malta negra”<sup>22</sup>.

Para algunos tipos de malta, el proceso termina aquí. Estas maltas se denominan maltas base, pero existen otros tipos que continúan el proceso hasta el horneado<sup>23</sup>. La malta base utilizada por la Empresa Green Hops es malta Pilsen.

- **Horneado:** Después de pasar por la etapa de secado, los granos se calientan en hornos con temperaturas altas y periodos de tiempo largos. Este proceso le aporta a la malta las propiedades características como el color y sabor único dependiendo del periodo de tiempo expuesto a altas temperaturas. En

---

<sup>22</sup> ESPINOZA SILVA CLARA RAQUEL, MANUAL DE TECNOLOGIA DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. HUANCAYO: Facultad de ingeniería en industria alimentarias, Universidad nacional del centro de peru . 2013 [Consultado el 13 de mayo del 2017]

<sup>23</sup> CERVEZA ARTESANA. 2014. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de mayo del 2017.

general, las temperaturas bajas y los horneados cortos, suelen dar como resultado granos de color claro, con sabores ligeros, por el contrario, cuando el grano está expuesto a horneados más largos y a temperaturas más elevadas originan maltas oscuras, con sabores mucho más intensos y propiedades mucho más acentuadas<sup>24</sup>.

En este desarrollo de los colores y los sabores, hay involucradas dos reacciones químicas.

La caramelización y la reacción de Maillard: La caramelización hace referencia a la descomposición del azúcar a temperaturas elevadas, lo que da lugar a sabores dulces como el tofe, la molasa y la pasa<sup>24</sup>.

- **Fundamento Químico:** al someter los azúcares en estado cristalino o como jarabes a temperaturas superiores a su punto de fusión se generan una serie de reacciones complejas en las cuales se da un rompimiento de las moléculas de azúcares, los residuos de esos azúcares se reagrupan y forman moléculas diferentes que pueden ser de bajo o alto peso molecular dependiendo que tanto se unen nuevamente éstos compuestos. Los pigmentos son las melanoidinas similares a las desarrolladas por las reacciones de Maillard, pero con diferentes mecanismos de formación<sup>24</sup>.

Cuando un azúcar es calentado y fundido, no solamente aparece el color caramelo, sino que paralelamente se forman otros compuestos que colaboran en el sabor y aroma de los productos, como el caso del isomantol y mantol, que caracterizan el olor del pan horneado<sup>24</sup>.

**La reacción de Maillard** nombre establecido por el científico que la descubrió, se refiere a la oscuridad que se sucede debido a las interacciones de los amino-ácidos con los azúcares. Es la misma reacción que se da cuando se tuesta un pan o las marcas que se evidencian en la carne asada a la parrilla. Las maltas que han sido sometidas al horneado o al tostado se denominan maltas especiales y dan unas propiedades únicas al producto final.<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> GONZALEZ OMAR DELGADILLO. Química de alimentos. caramelización . mexico: universidad nacional autonoma . [26 de octubre de 2015] [Consultado el 14 de Enero del 2017]

<sup>25</sup> MAILLARD LOUIS CAMILLE. La Reaccion De Maillard . Food Reviews InternationL . paginas 345-374.año 2003 [Consultado el 14 de enero del 2017]

La reacción de Maillard se puede subdividir en tres etapas:

- **I Etapa inicial: productos sin color, sin absorción en el UV.**

Reacción A: Condensación azúcar-amina. Reacción B: Reordenamiento de Amadori. Reacción H: Reacciones por radicales libres<sup>26</sup>.

- **II Etapa intermedia: productos sin color o amarillos, con fuerte absorción en el UV.**

Reacción C: Deshidratación de azúcares.

Reacción D: Fragmentación de azúcares.

Reacción E: Degradación de aminoácidos (Degradación de Strecker)<sup>26</sup>.

- **III Etapa final: productos muy coloridos.**

Reacción F: Condensación aldólica.

Reacción G: Condensación aldehído-amina y formación de compuestos heterocíclicos nitrogenados<sup>26</sup>

**Figura 4. Tipos de malta utilizada para darle color a la cerveza.**



Fuente. THE BEER BOX. Grandes cervezas del mundo. [En línea] 2007. <https://thebeerbox.wordpress.com/2009/10/11/%C2%BFque-es-la-famosa-malta/>. [Consultado el 14 de enero del 2017]

**Tipos de malta:** Las maltas se pueden dividir en tres categorías, que dependen de la duración, la temperatura y el nivel de humedad durante el horneado.

---

<sup>26</sup> MAILLARD LOUIS CAMILLE. La Reaccion De Maillard . Food Reviews InternationL . paginas 345-374.año 2003 [Consultado el 14de enero del 2017]

- **Maltas base:** son las maltas más claras de todas las que se utilizan para la elaboración de cerveza, debido a las bajas temperaturas, corto tiempo de exposición y duración del horneado. El horneado a temperaturas bajas permite a las maltas retener la mayor parte de los azúcares potenciales, así como contener el mayor poder diastático de todas las maltas. Las maltas base contienen grandes cantidades de azúcares fermentables, a la vez que son capaces de transformar no sólo sus propios almidones, sino también los de aquellas maltas con menor poder diastático. Por esta razón, las maltas base son utilizadas en cualquier receta y en gran cantidad, normalmente del 100% de las maltas de una cerveza el 85% corresponde a maltas base. A raíz del alto contenido enzimático de estos granos, las maltas base siempre provienen de la cebada o el trigo<sup>27</sup>. Algunas de las maltas más conocidas son:

Pilsner

Pale Ale

Munich o Vienna, horneadas a temperaturas ligeramente superiores para obtener un sabor más tostado y un color oscuro<sup>27</sup>.

Sin embargo, las maltas mencionadas anteriormente se caracterizan por aportar una ligera dulzura con detalles a grano a la cerveza en proceso<sup>27</sup>.

- **Maltas Caramelo:** estas maltas reciben el nombre de Cristal, según los ingleses, y Caramel según los americanos. Para conseguir un tipo de malta Caramel, la malta verde no se seca, sino que pasa directamente a un tostador al finalizar la germinación. En esta etapa los granos se calientan a una temperatura entre 65 y 70°C, con la finalidad de activar las enzimas diastáticas. Estas enzimas, a su vez, transforman los almidones en azúcares en un estado semilíquido contenidos en el centro del grano. Posteriormente, los granos se tuestan a temperaturas de entre 100 y 160°C, en torno del color y el sabor que se desee. Sin embargo, este proceso provoca tanto la caramelización de los azúcares a formas no tan fácilmente fermentables, como la oscuridad de los granos por reacción Maillard. Entre estas maltas, las más oscuras otorgan a la cerveza sabores a tofe (es un dulce cremoso que se hace con caramelo en almíbar) azúcar quemado y pasa, mientras que las ligeramente más claras le dan tonos a miel y a caramelo<sup>27</sup>.
- **Maltas tostadas/torrefactas:** Las maltas tostadas se elaboran a partir de hornear maltas base totalmente secas, a temperaturas superiores a 170°C. Cuanto más alta es la temperatura, más se incrementa la reacción Maillard en detrimento de la caramelización, dando a los granos colores oscuros, con

---

<sup>27</sup> CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

sabores que recuerdan al mismo tostado de nuez o galleta; Algunos ejemplos de este tipo de malta son<sup>27</sup>: Brown, Amber, Aromatic

- **Las Stouts y las Porters:** Para obtener estas maltas, inicialmente la malta verde se seca al horno a unos 70°C de temperatura y con niveles bajos de humedad. Una vez secados los granos, la temperatura se eleva entre 215 y 250°C. Aunque este proceso genera cierta caramelización, la mayor parte del color y el sabor provienen de la reacción Maillard. Esas temperaturas ofrecen a la malta un sabor intenso a chocolate, café o torrefacto. Además, debido a su intensidad, se suele usar un porcentaje bajo a la hora de elaborar cerveza entre un 3 y un 5%. En las Stouts, se pueden usar cantidades más elevadas. De lo contrario, también se usan cantidades inferiores si se quiere dar a la cerveza un color más oscuro, sin influir apenas en el sabor<sup>28</sup>.

El color de la malta se mide con los grados Lovibond, nombre que proviene del inventor de este método de medición, originariamente creado para medir el color de la cerveza. De acuerdo con este método en la Figura 5. Se observa la gama de colores con la especificación de los números; Los números más bajos se refieren a maltas más claras, mientras que los mayores a las maltas más oscuras, la norma NTC 147<sup>29</sup> es utilizada para determinar el color en cervezas por medio de patrones de color.

**Figura 5. Medición grados Lovibond de la cerveza.**

SRM/Grados Lovibond	Ejemplo de cervezas	Color
2	Pale lager, Witbier, Pilsener, Berliner, Weisse	
3	Maibock, Blonde Ale	
4	Weissbier	
6	American Pale Ale, India Pale Ale	
8	Weissbier, Saison	
10	English Bitter, ESB	
13	Biere de Garde, Double IPA	
17	Dark Lager, Vienna Lager, Marzen, Amber Ale	
20	Brown Ale, Bock, Dunkel, Dunkelweizen	
24	Irish Dry Stout, Doppelbock, Porter	
29	Stout	
35	Foreign Stout, Baltic Porter	
40+	Imperial Stout	

Fuente. CERVEZA CASERA. *Tabla de color y amargor*. [En línea] 18 de 05 de 2017, de <http://cervezacasera.com.mx/tabla-color-amargor/> [Consultado el 10 de mayo del 2017]

<sup>28</sup>CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

<sup>29</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 147. CERVEZAS .determinación del color en cervezas por medio de patrones de color. [28 de Abril de 1967] [Consultado el 12 de julio del 2017]

La empresa Green Hops utiliza una serie de maltas importadas por distribuidores como *Insumos y equipos Cerveceros SAS* y *Equipos, insumos, cerveza SAS, DISTRINES insumos de cerveza*; En el proceso de elaboración de los tres tipos de cerveza (roja, rubia y negra) la empresa utiliza diferentes tipos de maltas, la malta base por lo general suelen ser Pilsen, Vienna y Múnich, y las Maltas que se mezclan para darle cuerpo y color a la cerveza varía entre malta caramelo, malta chocolate y malta Melano, la proporción utilizada en las maltas base es de 3:1 tres litros de agua por kilogramo de malta base.

**Figura 6. las características de la malta Pilsen son:**

### Malta Pilsen

---

**Color:** 2,5 – 3,5 EBC 1.5 – 1.9° Lovibond

**Propiedades:** malta de color claro. Se produce utilizando las mejores variedades de cebada de dos hileras. Secada a una temperatura de hasta 80-85 °C.

**Características:** Se trata de la malta con un color más claro. Está bien modificada y resulta fácil de macerar con una infusión simple, de una sola temperatura. Nuestra malta Pilsen tiene un sabor de malta fuerte y dulce a la vez, y contiene una potencia enzimática suficiente como para ser utilizada como malta base.

**Usos:** Todos los tipos de cerveza

**Porcentaje de uso:** Hasta el 100% de la mezcla

Fuente. DISTRINES Ltda.insumos de la cerveza. [En línea] 2013, de <http://www.distrines.com/maltas.php?id=1> [Consultado el 10 de mayo del 2017]

**Figura 7 Propiedades de la malta Pilsen, importada de Alemania por la DISTRINES insumos de cerveza.**

PARÁMETRO	Unidad	Min	MÁX
Humedad	%		4.5
Extracto (sustancia seca)	%	81.0	
Diferencia f/g	%	1.5	2.5
Color del mosto	EBC(Lov.)		3.5 (1.9)
Postcoloración	EBC(Lov.)	4(2.1)	6 (2.8)
Total proteínas (malta seca)	%		11.2
Proteína soluble	%	3.5	4.4
Índice Kolbach	%	35.0	45.0
Hartong 45º	%	34.0	43.0
Viscosidad	cp		1.6
Beta glucans	mg/l		250
pH		5.6	6.0
Potencia diastática	WK	250	
Friabilidad	%	81.0	
Vidriado (granos enteros)	%		2.5
PDMS			5.0
NDMA	ppb		2.5
Filtración			Normal
Tiempo de sacarificación	Minutos		15
Claridad del mosto			Claro
Calibración: - superior a 2.5 mm	%	90.0	
Calibración: - rechazado	%		2.0

Fuente. DISTRINES Ltda.insumos de la cerveza. [En línea] 2013, de <http://www.distrines.com/maltas.php?id=1> [Consultado el 10 de mayo del 2017]

**2.2.3 Lúpulo.** El lúpulo es una planta de la familia de las Cannabáceas, aunque es utilizado como plata medicinal, el mayor aporte de esta planta se produce en la industria cervecera Y ocasionalmente como alimento<sup>30</sup>.

El lúpulo es el aditivo principal de la cerveza, equilibra el dulzor, al tiempo que favorece su conservación. Proviene de una planta que produce unas flores pequeñas, puntiagudas y verdes, que están compuestas principalmente por glándulas lupulizadas que contienen resinas y aceites<sup>30</sup>.

El lúpulo es un ingrediente esencial para la elaboración de la cerveza. De sus flores convenientemente secadas, se extrae la lupulina, un elemento esencial que aporta el sabor amargo y el aroma característicos de la cerveza<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> SÁNCHEZ LOMARES FRANCISCO. La cerveza artesanal .cómo hacer cerveza en la casa . EGEDSA. Año 2004.[ Consultado el 10 de mayo del 2017]

La resina del lúpulo está formada por ácidos, polifenoles y aceites esenciales, componentes que dotan a la cerveza de muchas de sus propiedades saludables. Estas resinas, que están almacenadas en las flores femeninas del lúpulo, se clasifican según su solubilidad. Tras el proceso de cocción, se transforman en sustancias amargas, y los aceites que desprenden le aportan a la cerveza un aroma característico. Las resinas que componen el lúpulo son en su mayoría resinas suaves que contienen ácidos alfa (*humulonas, cohumulonas y ad humulonas*), responsables de darle nivel de amargor a la cerveza; mientras que los aceites esenciales que pueden ser hidrocarbonados, oxigenados o azufrados son los responsables del aroma característico de la cerveza<sup>31</sup>.

Para medir el grado de amargor de las cervezas existe una escala graduada haciendo uso de la unidad especial el IBU que corresponde a sus siglas en ingles *INTERNATIONAL BITTERNESS UNIT* cuando mayor sea el número de IBU, la cerveza será más amarga, la escala de los IBUS va de 0 a 100 y se representa por la concentración de los iso-alfaácidos, su unidad se representa con la siguiente relación<sup>31</sup>:

**Ecuación 1. Ecuación IBU.**

$$1 \text{ IBU} = \frac{1 \text{ mg de iso alfaácidos}}{\text{lt de cerveza}}$$

**Tabla 5. Valores de IBU respecto a tipos de cerveza.**

TIPO DE CERVEZA	ESCALA IBUS
Lager, Weizen	10 a 15
Pilsner	20 a 40
India Pale Ale	40 a 70

Fuente. THE BEER DAILY. ¿Qué tan amarga es tu cerveza? los IBU's te lo dicen.[En línea:] 11 de 08 de 2013. de <https://thebeerdaily.com/2013/08/11/que-tan-amarga-es-tu-cerveza-los-ibus-te-lo-dicen/>. [Consultado el 20 de mayo del 2017]

En la industria cervecera existe una gran variedad de lúpulos, se utilizan dependiendo del gusto del productor y de las características finales que se desea obtener, algunos de los lúpulos más utilizados en la industria se especifican en la Tabla 6. La cual especifica el origen, la descripción, los tipos de cerveza en los cuales se utiliza y la cantidad de alfa-ácidos contenidos<sup>32</sup>.

<sup>31</sup> THE BEER DAILY. ¿Qué tan amarga es tu cerveza? los IBU's te lo dicen.[En línea:] 11 de 08 de 2013. de <https://thebeerdaily.com/2013/08/11/que-tan-amarga-es-tu-cerveza-los-ibus-te-lo-dicen/>. [Consultado el 20 de mayo del 2017]

<sup>32</sup> SÁNCHEZ LOMARES FRANCISCO. La cerveza artesanal .cómo hacer cerveza en la casa . EGEDSA. Año 2004.[ Consultado el 10 de mayo del 2017]

**Tabla 6. Lúpulos más utilizados en la elaboración de cerveza.**

Tipo de lúpulo	Origen	Descripción	Tipo de cerveza	Uso	Cantidad de alfa-acidos. (%)
<b>Cascade</b>	Estados Unidos	Tiene una fragancia y un amargor moderados. En el aroma se perciben notas especiadas, florales y a uvas, con notas cítricas.	Todos	Dry-hopping y hop back.	4 – 7.5
<b>Columbus</b>	Estados Unidos	Lúpulo diseñado para suplir el Centennial, con un sabor agradable y un aroma agrio.	Indian Pale Ales, Imperial IPAs, Pale Ales, Stouts, Imperial Brown e Imperial Red Ales, Barley Wines, Lagers.	Amargor, sabor y aroma.	11-16%
<b>First Gold</b>	Eslovaquia	Variedad de lúpulo inglés que logra equilibrar el amargor con toques afrutados, se puede percibir algo de cítrico.	English Pale Ale, American Pale Ale, Extra Special Bitter, Porter; English Bitter, Celtic Ale, Amber Ale, Dark Amber Ale, Imperial IPA, And Blonde Ale.	Aroma, sabor y amargor.	6.5 – 8.5

Fuente. CERVEZA ARTESANA. Manual de los distintos tipos de lúpulo y las propiedades de cada uno. [En línea:] 2016 <https://cervezartesana.es/tienda/blog/manual-de-los-distintos-tipos-de-lupulo-y-las-propiedades-de-cada-uno.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017]

En Green Hops los lúpulos al igual que la malta son importados, ya que en nuestro país no se generan, para cumplir con los estándares de producción de cerveza artesanal, el objetivo de adicionar el lúpulo es proporcionar un aroma y un amargor base de todas las cerveza que se crean; Los lúpulos utilizados dependen del estilo de cerveza que se desea producir pero entre los más utilizados se encuentran lúpulo Cascade, el cual le aporta características con aroma floral y con un amargor suave; el lúpulo Golding, le da a la cerveza un sabor picante y dulce; el lúpulo First Golding,

el cual le da a la cerveza un aroma afrutado y un sabor ligeramente picante, con notas cítricas<sup>33</sup>.

La ficha técnica del lúpulo más utilizado en la empresa es CASCADE, se encuentra en el anexo B.

**2.2.4 Levadura.** La levadura es el cuarto de los ingredientes básico para poder hacer una buena cerveza, la levadura es un hongo que convierte azúcar en alcohol y anhídridos carbónicos en ambientes anaerobios. Para la producción de cerveza se divide en dos tipos principales dependiendo del tipo de fermentación que se quiera hacer, las de alta fermentación o las de baja.

**LEVADURA ALE (*Saccharomyces cerevisiae*):** la levadura de alta fermentación trabaja a una temperatura de fermentación templada, entre 18 y 24°C. A temperaturas más bajas, la levadura se iría ralentizando hasta pasar a estado latente<sup>34</sup>.

**LEVADURA LAGER (*Saccharomyces pastorianus*):** la levadura de baja fermentación fue la primera en ser identificada en el Carlsberg Laboratory de Dinamarca. A medio camino entre la *Saccharomyces cerevisiae* y la *Saccharomyces bayanus*, este híbrido probablemente nació en el siglo XVI, cuando la levadura se adaptó al acondicionamiento en frío, en las cavernas de almacenaje alemanas<sup>34</sup>.

Las levaduras lager fermentan a bajas temperaturas, entre 7 y 12°C. Además, son capaces de fermentar ciertas cadenas largas de azúcares que las ALE no pueden fermentar<sup>34</sup>.

**2.2.4.1 Cepas de levadura:** en la industria cervecera se reduce a dos tipos de levaduras los adecuados para la producción de cerveza dependiendo del requerimiento del cervecero, pero existen muchos tipos de cepas que son aptas para el proceso. Estas cepas son en general mutaciones que se han desarrollado en respuesta a las condiciones de los procesos de elaboración y a los estilos de cerveza creados y desarrollados en cervecerías de diferentes partes del mundo<sup>34</sup>.

La levadura es un microorganismo tan sensible a las condiciones de operación que en el caso de que dos cervecerías usen la misma cepa, producirán cervezas con un carácter de levadura distinto<sup>34</sup>.

---

<sup>33</sup> SÁNCHEZ LOMARES FRANCISCO. La cerveza artesanal .cómo hacer cerveza en la casa . EGEDSA. Año 2004.[ Consultado el 10 de mayo del 2017]

<sup>34</sup> CERVEZA ARTESANA. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

Las levaduras se pueden clasificar por familiar dado que entre ellas tienen características comunes que pueden ser:

**Levaduras inglesas:** estas levaduras suelen caracterizarse por dejar un perfil maltoso con altos niveles de ésteres afrutados. Algunas cepas eliminan algunos subproductos de la fermentación, como el diacetilo. **El diacetil** es un subproducto natural de la fermentación. Una pequeña cantidad de diacetil es aceptable en ciertos estilos de cerveza, sobre todo en una gran variedad de cervezas y un puñado de estilos lager, pero la mayoría de las cervezas no debe presentar ninguna cantidad de diacetilo. El diacetilo excesivo en cualquier cerveza puede ser un defecto<sup>35</sup>.

Las causas de diacetil en la Cerveza: el diacetilo se produce cuando se fermenta la cerveza. El diacetilo se puede producir en exceso cuando la levadura se inocula en valores inferiores a 1g por litro, también, cuando la temperatura de fermentación es demasiado alta o demasiado baja (hay que mantener un equilibrio ) o el mosto no es suficientemente aireado. El diacetilo también puede ser causado por una infección bacteriana. En pequeñas cantidades, el diacetilo da a la cerveza un ligero carácter a mantequilla, pero en una concentración elevada se considera una contaminación de la cerveza<sup>35</sup>.

**Levaduras belgas:** el perfil único de estas cepas de levadura es la principal característica de las cervezas belgas. Estas levaduras permiten elaborar cervezas con una particular combinación entre ésteres de banana y de cereza, junto con sutiles notas de ésteres de pimienta negra<sup>35</sup>.

**Levaduras de trigo alemanas:** las características de estas levaduras son los ésteres y el perfil fenólico que contienen. Las cervezas de trigo elaboradas con levadura alemana tienen un carácter fuerte a banano y clavo. Además, estas levaduras son de floculación débil, hecho que le da a la cerveza una apariencia turbia, debido a la levadura suspendida<sup>35</sup>.

**Levaduras americanas:** las cervezas elaboradas con estas levaduras se conocen por su perfil limpio, con bajos niveles de ésteres y fenoles. Las levaduras americanas pueden usarse para producir cervezas lager, aunque su principal uso es de alta fermentación<sup>36</sup>.

En la empresa Green Hops la levadura utilizada es tipo Ale SAFALE S-04, esta levadura es de cepa inglesa comercial del tipo ale muy conocida, tiene buena

---

<sup>35</sup> CERVEZA ARTESANA. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

<sup>36</sup> CERVEZA ARTESANA. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

velocidad de fermentación y recomendada para una amplia variedad de cervezas tipo Ale. Las características de la levadura SAFALE S-04 se pueden observar en tabla 7.

**Tabla 7. Características de levadura SAFALE S-04**

CARACTERÍSTICAS DE LA LEVADURA UTILIZADA EN GREEN HOPS	
<b>Ingredientes</b>	Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ), agente emulsionante (E491)
<b>Propiedades</b>	-Cepa inglesa comercial de tipo ale -rápida velocidad de fermentación -acondicionada para fermentadores cilíndricos o barriles.
<b>Dosis</b>	50g/hl a 80g/hl
<b>Temperatura</b>	Recomendada para fermentaciones a temperatura entre 15-24°C.
<b>Almacenamiento</b>	Esta levadura debe ser almacenada a temperaturas de 4°C y totalmente sellada

Para la producción de una cerveza que cumpla con unas características únicas como el olor, amargor, cuerpo y transparencia, se debe iniciar la producción con materias primas que mantenga y reafirmen las características típicas de una cerveza artesanal las cuáles serán las responsables de darle una identidad al producto final.

En lo anteriormente mencionado se especificaron las materias primas que se utilizan en el proceso de fabricación de cerveza artesanal tipo ALE de la empresa Green Hops, para poder entender la función que cumple cada una, en la tabla 8 se relacionan las características de las materias primas utilizadas en Green Hops.

Para que las materias primas desempeñen su rol en la fabricación y proporcionen a la cerveza las características necesarias, se deben especificar y cumplir una serie de condiciones de operación, las cuales son específicas para cada etapa del proceso.

**Tabla 8 características de las materias primas utilizadas en Green Hops**

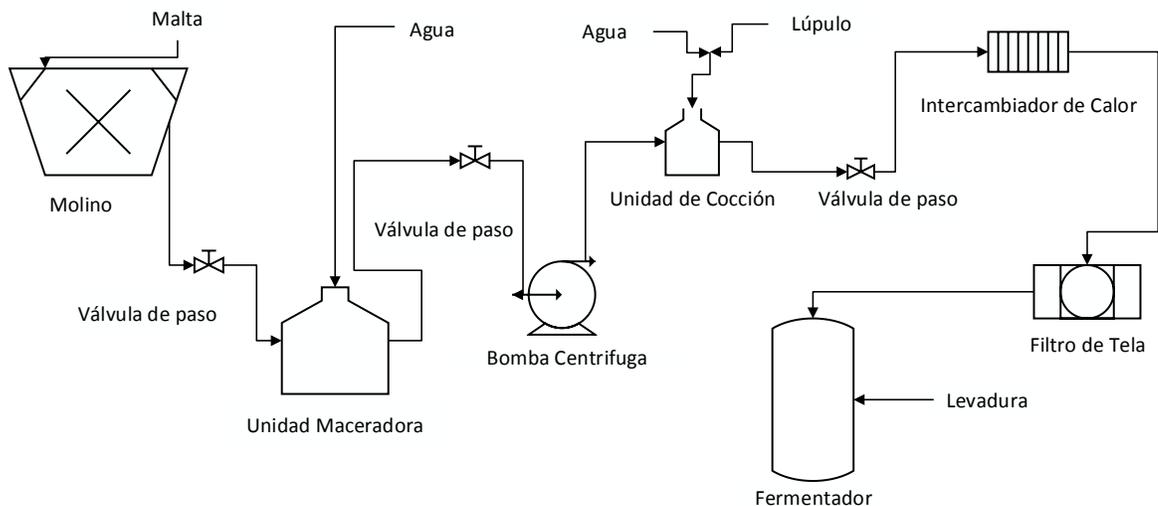
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CANTIDAD RECOMENDADA</b>
<b>Agua</b>	Agua potable consumo humano. (Empresa Emserchia )	La relación es 3:1 por tres litros de agua, un kilogramo de malta
<b>Malta</b>	Malta base tipo pilsen	La relación es 3:1 por tres litros de agua, un kilogramo de malta
<b>Lúpulo</b>	Cascada, el cual le aporta características con aroma floral y con un amargor suave; el lúpulo First Golding el cual le da a la cerveza un aroma afrutado y un sabor ligeramente picante, con notas cítricas	-0,6 gramos de lúpulo que porta el amargor por litro de agua. -0,7 gramos de lúpulo que aporta el aroma por cada litro de agua
<b>Levadura</b>	la levadura utilizada es tipo Ale SAFALE S-04, esta levadura es de cepa inglesa comercial del tipo ale	0,34 gramos de lúpulo por cada litro de agua

A continuación se explicará cada una de las operaciones unitarias de la producción de la cerveza artesanal.

## 2.3 OPERACIONES UNITARIAS

A continuación, en la Figura 8 se describe como se realiza el proceso de producción de la cerveza artesanal de la empresa Green Hops Tipo ALE Roja, especificando las Materias primas, Equipos, instrumentos y las condiciones utilizadas para su elaboración hasta la primera fermentación.

**Figura 8. Diagrama de proceso real de la producción de cerveza artesanal.**



**2.3.1 Balance de masa global.** El balance de materia se basa en la ley de la conservación de la materia o en la ecuación de la continuidad. “la suma de las masas de las sustancias reaccionantes, es igual a la suma de las masas de los productos”.

A continuación se explica el balance de masa realizado para el proceso de la cerveza artesanal en la empresa GREEN HOPS tipo ale roja.

Los pasos fueron los siguientes:

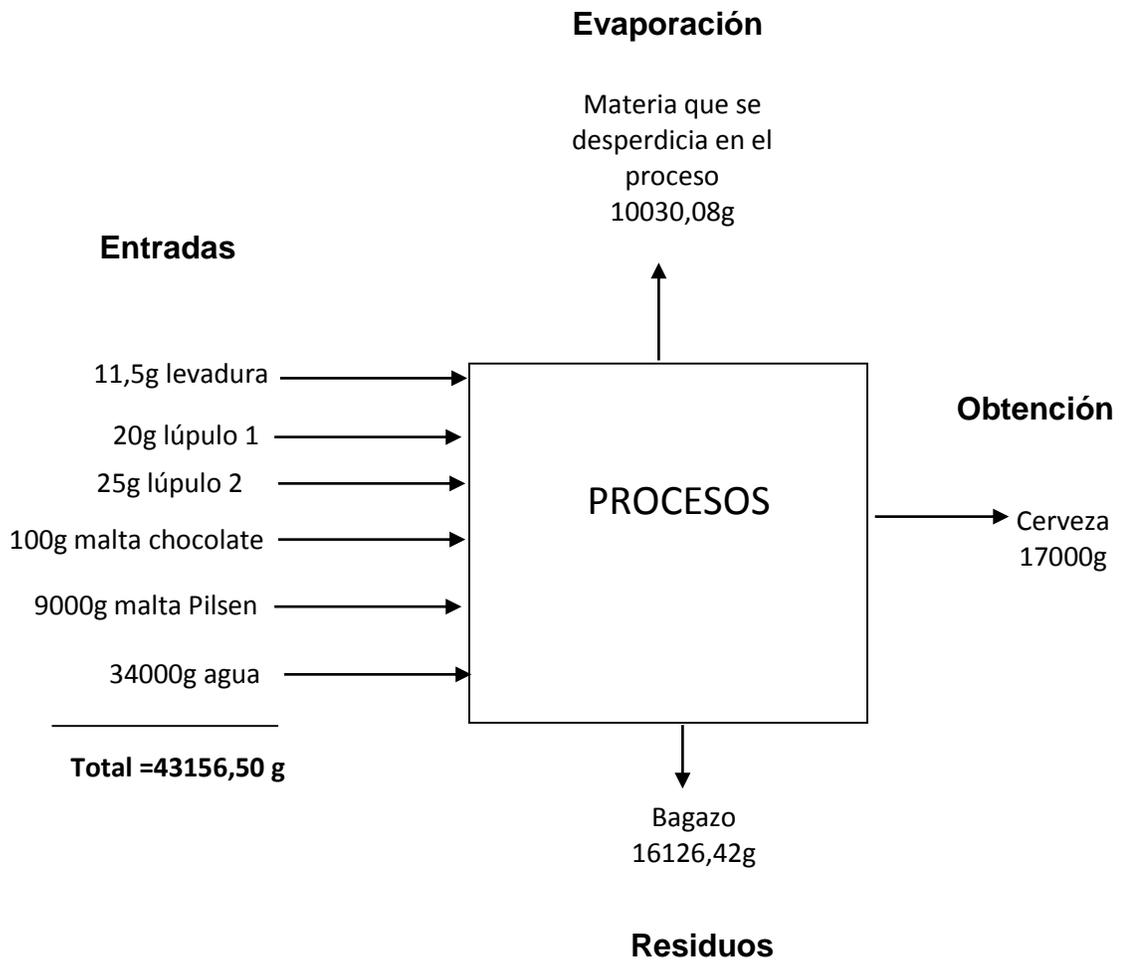
- 1- Se identificaron las cantidades utilizadas para un bache de 34 litros de cerveza roja tipo ale como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9. Materia prima cantidad utilizada**

<b>A</b>	11,5g de levadura ale
<b>B</b>	20g de lúpulo 1
<b>C</b>	25g de lúpulo 2
<b>D</b>	100g de malta chocolate
<b>E</b>	9000g de malta Pilsen
<b>F</b>	34L de agua

- 2- Se determinan las entradas y salidas en el proceso general como se observa en la gráfica 1.

**Gráfica 1. Balance de masa empresa GREEN HOPS**



3- Se realizaron las sumatorias totales en gramos de todas las materias primas que ingresaron en cada proceso como: los dos tipos de lúpulos, los dos tipos de maltas, el agua utilizada (34L) y la levadura, obteniendo el peso total de los elementos de entrada.

Una vez realizó el proceso de maceración se pesó el bagazo obtenido (malta procesada) con un peso de 16126.42 g.

Utilizando 34 litros de agua para los procesos de elaboración de la cerveza, se obtuvo como producto final 17 litros de cerveza Artesanal tipo ale roja debido a las pérdidas de retención de agua en la maceración y pérdidas de agua en la cocción y filtración.

El cálculo para pasar de litros a gramos se realiza así:

Partiendo de que la densidad del agua es 1g/mL y sabiendo que 1L = 1000mL entonces:

$$1000\text{mL} \times \frac{1\text{g}}{1\text{mL}} = 1000\text{g}$$

Densidad de la cerveza: 1,014g/ml

**Tabla 10 Resultados de balance de masa**

Total de materia prima entrante (g)	Desechos del proceso (g)	Total producto final (g)	Materia que se desperdicia en el proceso (g)
levadura lúpulo agua malta	Bagazo	Cerveza	Sólidos que se retiene en la filtración el agua que se evapora en el proceso de maceración
<b>43156,50</b>	<b>16126,42</b>	<b>17000,00</b>	<b>10030,08</b>

- 4- Los datos obtenidos en el paso número 3 se observan en la tabla 10 estos fueron total de materia prima 43156,50g, desechos del proceso (bagazo) 16126,42g, total producto final cerveza obtenida 17000,00g y materia que se pierde en el proceso (filtración y evaporación en la cocción) 10030,08 g, este último valor se obtiene de la sumatoria de los desechos del proceso (bagazo) y el total de producto final (cerveza), este valor se resta del total de materia prima entrante.
- 5- la diferencia entre el total de materia prima
- 6- En el proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo Roja Ale, la cantidad teórica a producir era de 30 litros por cada bache, una vez realizado el proceso se obtuvo 17 litros de cerveza artesanal, obteniendo un rendimiento de:

$$\% \text{ de Rendimiento: } 100 \times 17 \text{ L} / 30 \text{ L} = 56.66 \%$$

Comparado el rendimiento máximo que se obtienen de la mayoría de las maltas utilizadas para la elaboración esta alrededor del 80% (según Brewing Gears hojas de cálculo)<sup>37</sup>, el rendimiento de la producción de cerveza artesanal en Green Hops fue del 56.66 % siendo un rendimiento excelente para la empresa.

---

<sup>37</sup> SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción.[Citado el: 10 de mayo del 2017.]

### 2.3.2 Balance de masa por etapas de la empresa Green Hops.

Gráfica 2. Diagrama de procesos Balance de masa por etapas.

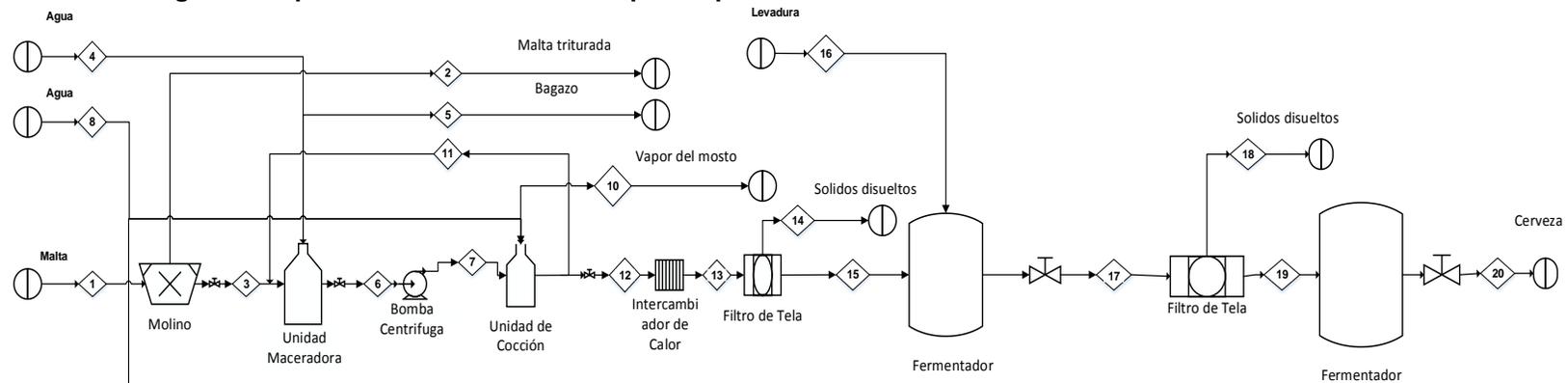


Tabla 11 Balance de masa para la elaboración de 1 lote de cerveza artesanal tipo ale roja de 34 L.

COMPONENTES	CORRIENTES (g)																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Malta chocolate	100		100		38	62	62				62	62	62	27	35		35	7	28	28
Malta pilsen	9000	24,8	8975		6845,2	2130	2130				2130	2130	2130	130	2000		2000	123	1877	1877
Agua				30000	12243	17756,8	17756,78	4000		6000	15756,78	15756,78	15756,78	591,44	15165,3		15165,34	95,34	15070	15070
Lúpulo 1									20		20	20	20	6	14		14	7	7	7
Lúpulo 2									25		25	25	25	8	17		17	9	8	8
Levadura																11,5	11,5	1,5	10	10
<b>Total</b>	<b>9100</b>	<b>24,8</b>	<b>9075</b>	<b>30000</b>	<b>19126</b>	<b>19948,8</b>	<b>19948,78</b>	<b>4000</b>	<b>45</b>	<b>6000</b>	<b>17993,78</b>	<b>17993,78</b>	<b>17993,78</b>	<b>762,44</b>	<b>17231,3</b>	<b>11,5</b>	<b>17242,84</b>	<b>242,84</b>	<b>17000</b>	<b>17000</b>
Temperatura (°C)	19-20	19-20	19-20	18-20	67-70	67-70	67-70	70	19-20	67-70	67-70	92-95	15-20	15-20	20-25	18-20	20-25	20-25	20-25	20-25

1= Malta en Grano, 2= Malta Triturada que se Pierde, 3= Malta Triturada, 4= Agua Potable, 5= Bagazo, 6= Primer Mosto, 7= Mosto, 8= Agua Potable Caliente, 9=Lúpulo, 10= Vapor del Mosto, 11= Recirculación del Mosto, 12= Segundo Mosto, 13= Tercer Mosto, 14= Sólidos Disueltos, 15= Cuarto Mosto, 16= Levadura, 17= Primera Cerveza, 18= Sólidos Disueltos, 19= cerveza, 20= Cerveza Fi

**Tabla 12 Balance de masa de la molienda**

BALANCE DE MASA DE LA MOLIENDA			
Componentes	Corrientes		
	Entrada	Salida	
	1	2	3
Malta chocolate	100		100
Malta pilsen	9000	24,8	8975,2
Agua			
Lúpulo 1			
Lúpulo 2			
Levadura			
Total	9100	24,8	9075,2
<b>Balance Total</b>	<b>9100</b>		<b>9100</b>

Donde:

- 1= Malta en Grano,
- 2= Malta Triturada que se Pierde,
- 3= Malta Triturada

**Tabla 13 Balance de masa de la maceración**

BALANCE DE MASA DE LA MACERACIÓN				
Componentes	Corrientes			
	Entrada		Salida	
	3	4	5	6
Malta chocolate	100		38	62
Malta pilsen	8975,2		6845	2130
Agua		30000	12243	17757
Lúpulo 1				
Lúpulo 2				
Levadura				
Total	9075,2	30000	19126	19949
<b>Balance Total</b>		<b>39075,2</b>		<b>39074,8</b>

Donde:

- 3= Malta Triturada,
- 4= Agua Potable,
- 5= Bagazo,
- 6= Primer Mosto,

**Tabla 14 Balance de masa de la cocción**

<b>BALANCE DE MASA DE LA COCCIÓN</b>					
<b>Componentes</b>	<b>Corrientes</b>				
	<b>Entrada</b>			<b>Salida</b>	
	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
Malta chocolate	62				62
Malta pilsen	2130				2130
Agua	17757	4000		6000	15757
Lúpulo 1			20		20
Lúpulo 2			25		25
Levadura					
<b>Total</b>	<b>19949</b>	<b>4000</b>	<b>45</b>	<b>6000</b>	<b>17994</b>
<b>Balance Total</b>	<b>23993,78</b>			<b>23993,78</b>	

Donde:

7= Mosto

8= Agua Potable Caliente,

9=Lúpulo,

10= Vapor del Mosto,

12= Segundo Mosto.

**Tabla 15 Balance de masa del intercambiador de calor**

<b>BALANCE DE MASA DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR</b>		
<b>Componentes</b>	<b>Corrientes</b>	
	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
	<b>12</b>	<b>13</b>
Malta chocolate	62	62
Malta pilsen	2130	2130
Agua	15756,8	15756,78
Lúpulo 1	20	20
Lúpulo 2	25	25
Levadura		
<b>Total</b>	<b>17993,8</b>	<b>17993,78</b>
<b>Balance Total</b>	<b>17993,8</b>	<b>17993,78</b>

Donde:

12= Segundo Mosto.

13= Tercer Mosto

**Tabla 16 Balance de masa del filtro #1**

<b>BALANCE DE MASA DEL FILTRO #1</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Corrientes</b>		
	Entrada		Salida
	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Malta chocolate	62	27	35
Malta pilsen	2130	130	2000
Agua	15756,8	591,4	15165
Lúpulo 1	20	6	14
Lúpulo 2	25	8	17
Levadura			
Total	17993,8	762,4	17231
<b>Balance Total</b>	<b>17993,8</b>	<b>17993,78</b>	

Donde:

- 13= Tercer Mosto,
- 14= Solidos Disueltos,
- 15= Cuarto Mosto.

**Tabla 17 Balance de masa de la fermentación**

<b>BALANCE DE MASA DE LA FERMENTACIÓN</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Corrientes</b>		
	Entrada		Salida
	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
Malta chocolate	35		35
Malta pilsen	2000		2000
Agua	15165		15165,34
Lúpulo 1	14		14
Lúpulo 2	17		17
Levadura		11,5	11,5
Total	<b>17231</b>	<b>11,5</b>	<b>17242,84</b>
<b>Balance Total</b>	<b>17242,84</b>		<b>17242,84</b>

Donde:

- 15= Cuarto Mosto,
- 16= Levadura,
- 17= Primera Cerveza

**Tabla 18 Balance de masa del filtro # 2**

<b>BALANCE DE MASA DEL FILTRO #2</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Corrientes</b>		
	Entrada	Salida	
	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Malta chocolate	35	7	28
Malta pilsen	2000	123	1877
Agua	15165,3	95,34	15070
Lúpulo 1	14	7	7
Lúpulo 2	17	9	8
Levadura	11,5	1,5	10
Total	17242,8	242,8	17000
<b>Balance Total</b>	<b>17242,8</b>	<b>17242,84</b>	

Donde:

17= Primera Cerveza,

18= Sólidos Disueltos,

19= Cerveza.

**Tabla 19 Balance de masa de la última fermentación**

<b>BALANCE DE MASA DE LA ULTIMA FERMENTACIÓN</b>		
<b>Componentes</b>	<b>Corrientes</b>	
	Entrada	Salida
	<b>19</b>	<b>20</b>
Malta chocolate	28	28
Malta pilsen	1877	1877
Agua	15070	15070
Lúpulo 1	7	7
Lúpulo 2	8	8
Levadura	10	10
Total	17000	17000
<b>Balance Total</b>	<b>17000</b>	<b>17000</b>

Donde:

19= Cerveza.

20= Cerveza final

**2.3.3 Molienda.** También denominada molturación es un proceso de trituración mecánica, en el que, las cáscaras deben ser tratadas cuidadosamente, dado que son necesarias como material filtrante del mosto. Es importante molturar la malta justo antes de mezclarla con el agua en la maceración para evitar la oxidación de los ácidos grasos<sup>38</sup>.

El propósito de moler las maltas es romper la cascara del grano (de preferencia de manera longitudinal) y separarlo de su endospermo. Al mismo tiempo que se separa el endospermo para que pueda estar expuesto para el proceso enzimático al que se expondrá durante el macerado<sup>38</sup>.

Durante el proceso de molido lo que los cerveceros artesanales buscan es destruir el grano para que se exponga el endospermo, mientras, dejando la cascara intacta. La cascara de la malta juega un papel importante en el proceso de separado y lavado del grano (Lauteing & Sparging)<sup>38</sup>.

La cascara actúa como un filtro natural que ayuda a retener la cama de granos en su lugar y poder separar el mosto de los granos con gran facilidad. De no ser así se generan problemas como maceraciones atoradas, lo cual significa que la maceración se convierte en una especie de masa, lo cual hace muy difícil separar el mosto de los granos. Otros de los problemas de una mala técnica de molienda son los mostos turbios, ya que afectan las propiedades organolépticas de la cerveza y se obtienen mayores taninos en el producto final<sup>38</sup>.

El grano es estrujado y descascarado al pasar entre los rodillos. Los rodillos son comúnmente estriados para aumentar la fricción y ruedan en sentido contrario uno del otro. La capacidad y la eficacia de un molino dependen de la longitud, diámetro, velocidad y separación de los rodillos. El estrujado tiene dos efectos, la compresión y el pelado del grano. La compresión está relacionada con la distancia entre los rodillos, y el pelado o descascarado depende de la velocidad de rotación de los mismos. Generalmente la distancia entre los dos rodillos debe de ser aproximadamente de 1mm, distancia que asegura la conservación de la cáscara intacta, aunque es ajustable ya que puede variar según el tipo de malta o cereal<sup>38</sup>.

El proceso de molienda de la malta ha establecido que el tiempo de molienda depende de la cantidad de malta que se desea procesar, para una cantidad de 10 Kg de malta se calcula que el tiempo aproximado para obtener un proceso adecuado es de 30 minutos, garantizando que el grano resultante cumpla las condiciones necesarias para seguir a la etapa de maceración<sup>38</sup>.

En la empresa Green Hops, el proceso de molienda de la malta se realiza mediante un molino *Barley Crushers*, este tipo de molino de grano está hecho de acero

---

<sup>38</sup> SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de una micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción.[ Consultado el 10 de mayo del 2017.]

Inoxidable, cuerpo de Aluminio y tolvas, estas tolvas tienen un espesor hasta 1mm, los rodillos son ajustables en ambos extremos para hacer aplastamiento uniforme a la malta y su funcionamiento se da mediante un taladro eléctrico, como se puede observar en la figura 9 y 10.

**Figura 9 Diagrama de proceso real de la producción de cerveza artesanal.**



**Figura 10 Interior del molino.**



Una vez se inicia el proceso de molienda para la elaboración de la cerveza artesanal tipo Roja Ale, se realiza la inspección visual para verificar que la cáscara del grano se mantenga lo más intacta posible, mientras que el interior del grano blanco quede lo más expuesta posible, sin generar ningún tipo de harina tal como se observa en la Figura 11. No existe un tamaño de partícula ideal lo importante, es que en la molienda se retire el endospermo de la cascara el cual servirá como filtro en el proceso de maceración.

**Figura 11 Malta molida.**



**2.3.4 Maceración.** El objetivo principal de la maceración es alcanzar un alto grado de degradación o la degradación completa del almidón contenido en la malta para la obtención de azúcares y dextrinas solubles, que serán las encargadas de fermentarse y convertirse en alcohol y dióxido de carbono<sup>39</sup>.

En el proceso de maceración entran a jugar un rol importante las Beta-amilasas ( $\beta$ -amilasas) y las Alfa-amilasas ( $\alpha$ -amilasas), las cuales tienen un comportamiento a diferentes cambios de temperatura que pueden afectar o beneficiar la cerveza<sup>39</sup>.

Durante esta etapa el mosto (agua y malta) se somete a distintas temperaturas con diferentes tiempos, con el principal propósito de convertir la mayor cantidad de sustancias insolubles en solubles, sustancias como el almidón en azúcares simples como maltosa, maltotriosa, sacarosa, glucosa y fructuosa para que sean degradadas por la levadura durante la fermentación.

El alcohol obtenido durante la fermentación de los azúcares simples contenidos en la malta es el principal componente de la cerveza, por esta razón el almidón contenido en la malta debe ser degradado en maltosa para poder asegurar una

---

<sup>39</sup>CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

fermentación adecuada, en el proceso habrá una formación de productos intermedios como las dextrinas límite, productos que no podrán ser convertidos.

Por esta razón se debe favorecer la formación de la mayor cantidad de maltosa y no en productos intermedios pues este resultado está directamente relacionado con las propiedades de la cerveza, concretamente el grado de alcohol<sup>40</sup>.

En la etapa del macerado se realiza la prueba de yodo La comprobación de que el almidón se ha degradado por completo es a través de la prueba del yodo, dando como resultado una coloración azul a rojo si hay presencia de almidones o dextrinas mayores, mientras que los azúcares y dextrinas menores dan una coloración amarillo-marrón, esta prueba debe de ser realizada a temperatura de 20°C, la cual garantizará la conversión total de los almidones en azúcares simples y por lo tanto la fermentación será la esperada. La degradación completa hasta permitir la reacción normal al yodo es necesaria por motivos económicos. Además, los restos de almidón no degradado causan un “enturbiamiento de almidón” en la cerveza<sup>41</sup>.

La degradación de almidón se da en tres etapas:

- **ENGRUDAMIENTO:** La importancia de esta etapa radica en que se busca el aumento del área de acción en que las enzimas podrán actuar durante la maceración, aunque también a medida que se engruda la  $\alpha$ -amilasas y las  $\beta$ -amilasas de la malta mezcladas en la templa secundaria comienzan a actuar atacando los enlaces de las cadenas de amilosa y amilopectina. El que el área de acción pueda aumentar es gracias a un proceso a través del cual el almidón aumenta de volumen debido a la adición de agua, así los granos de almidón unidos fuertemente entre sí, se hinchan y finalmente revienten<sup>42</sup>.

Se forma una solución con un alto grado de viscosidad y este grado depende de la cantidad de agua incorporada (relación 1:3 por un kilo de mata tres litros de agua) y el tipo de cereal utilizado en el proceso. Los almidones de malta engrudan en presencia de amilasas a 76 °C, que es la temperatura óptima para su actividad<sup>42</sup>.

- **LICUEFACCIÓN:** Una vez gelatinizados los granos la enzima alfa-amilasa puede empezar a convertir y romper las cadenas de almidones a cadenas más pequeñas, al igual que las dextrinas. Esto resulta en una maceración

---

<sup>40</sup> CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

<sup>41</sup> SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de un micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

<sup>42</sup> XAVIER ANTONIO JARAMILLO ÁLAVA. Evaluación del uso entre banano verde o banano maduro (cavendish) como adjunto en el desarrollo de una cerveza artesanal. Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de ingeniería en Mecánica y Ciencias de la producción. [Consultado el 10 de enero del 2017]

menos viscosa lo que facilita a las otras enzimas poder hacer su trabajo. Este proceso es llamado licuefacción. Una vez licuificada la maceración enzimas como beta-amilasa, Dextrinasa de limite (Limit-dextrinase) y Alfa-glucosidasa empiezan a romper estas cadenas y convierten los almidones en azúcares fermentables. El rango estándar de pH en la maceración es de 5.4-5.8 y es dependiente del tipo de malta usada. Por ejemplo maltas oscuras tienden a ser más ácidas que maltas pálidas. Si un pH sobrepasa el rango el mosto puede obtener astringencia, entre otros problemas<sup>43</sup>.

- **SACARIFICACION:** Consiste en extraer los azúcares fermentables de la cebada como glucosa, maltosa y maltotriosa, para ello se aprovecha la actividad enzimática que tienen algunas proteínas presentes en la cebada. Estas proteínas trabajan a temperaturas y pHs constantes y determinados, preferiblemente, la temperatura óptima y practica para obtener una buena cantidad de azúcares es 65 grados centígrados<sup>44</sup>.

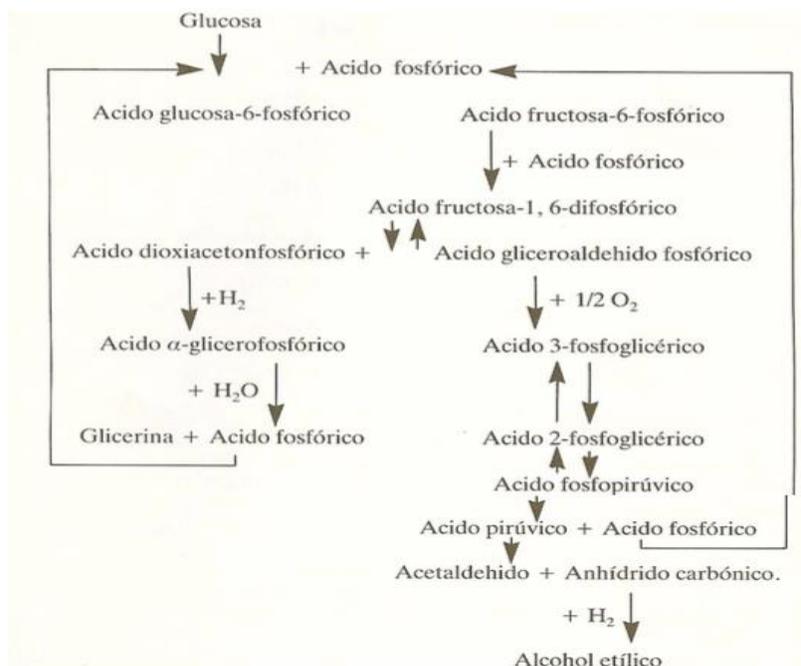
A continuación se presenta las reacciones químicas involucradas en el proceso de la cerveza. Ver figura 12

---

<sup>43</sup> BIEHMAN PEDRO. Apuntes sobre cerveza. Miércoles de Junilo de 2013 [Consultado el 19 de mayo del 2017]

<sup>44</sup> CERVECEROS CASEROS. Todo lo que querías saber sobre el cornelius. Parte 2. de [http://www.cerveceroscaseros.com.ar/interior/todoslostitulos.php?aj\\_go=more&id=1140460462&start\\_from](http://www.cerveceroscaseros.com.ar/interior/todoslostitulos.php?aj_go=more&id=1140460462&start_from). [Consultado el 19 de mayo del 2017]

Figura 12 reacciones químicas del proceso de elaboración de la cerveza



Fuente. CARRETERO CASADO FRANCISCO. Innovación tecnológica en la industria de bebidas. [En línea:].<http://quimicaorganicaqu.blogspot.com.co/2013/07/elaboracion-de-la-cerveza.html> .[ Consultado el 10 de mayo del 2017.]

**2.3.4.1 Control** En esta etapa del proceso es importante realizar una prueba de yodo, la cual indicará aún existe una cantidad significativa de almidón, sin convertirse en azúcares más simples; Esta prueba se realiza tomando una muestra de mosto del lote que se está fabricando aproximadamente 5 a 7 ml, independiente del tipo de cerveza que se está produciendo, se le deben agregar unas gotas de yodo y observar la tonalidad que tome la muestra, esto se debe realizar antes de pasar a los  $72^{\circ}C$ . Si la solución se torna azulada significa que aún existen restos de almidón sin degradarse en azúcares fermentables es decir la transformación no ha concluido. Cuando la transformación del almidón es total el color del yodo permanece naranja/marrón<sup>45</sup>.

**2.3.4.2 Duración de la maceración** El macerado es el proceso mediante el cual los componentes de la malta, principalmente almidones y también proteínas, son transformados en otros productos que pueden ser procesados o utilizados de

<sup>45</sup> SANCHO SAURINA RUBÉN. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de un micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

nutrientes por las levaduras. El objeto principal es degradar las cadenas largas de azúcares de la malta (no fermentables) en azúcares sencillos que sí son fermentados por las levaduras, y a dextrinas, que no son fermentables y que contribuyen al cuerpo de la cerveza<sup>46</sup>.

Las enzimas tienen un óptimo de temperatura que es de alrededor de 50° C para la degradación de proteínas (proteólisis), de unos 60° C para las que transforman los almidones en azúcares sencillos totalmente fermentables (beta-amilasa) y de unos 70° C para las que generan dextrinas o azúcares poco fermentables (alfa-amilasa). Si bien esas son las temperaturas de mayor actividad, existe un rango en el que siguen trabajando, de modo que entre 64° y 68° actúan tanto la alfa como la beta amilasa, predominando el trabajo de una u otra según nos acercamos a su temperatura óptima<sup>46</sup>.

Se distinguen dos etapas en la actividad de las enzimas dependiendo del tiempo:

- El máximo de actividad enzimática es alcanzado luego de 10 a 20 minutos y su mayor actividad enzimática es a temperaturas entre 62 a 64°C que a 67 a 68°C.
- Luego de 40 a 60 minutos, la actividad enzimática disminuye inicialmente de forma rápida, pero la reducción de actividad decrece de forma continua<sup>47</sup>.

El proceso de maceración tiene un tiempo aproximado entre 60 y 90 minutos.

El primer paso de la maceración es obtener una mezcla de la malta molida con el agua tratada dentro del tanque de maceración a una temperatura de 70°C, el proceso se debe realizar como una mezcla total entre el agua y la malta molida, sin ninguna formación de grumos o excesos de malta.

En el proceso de elaboración de la cerveza artesanal tipo Roja ALE en la empresa Green Hops, la temperatura de maceración se controla entre 67 y 70°C y el tiempo aproximado es de 75 a 90 minutos, la recirculación del mosto inicia a los 40 minutos, el cual ayuda a clarificar el mosto, mediante una etapa de filtración.

---

<sup>46</sup>CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

<sup>47</sup> SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de un micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

**Figura 13. Tela tipo malla y formación del "té"**



Se utiliza tela tipo malla con diámetro de poro relativamente pequeños para que permita formar una bolsa que retenga la malta y hacer una especie de té como se observa en la figura 13, el cual entrará en contacto con el agua que se encuentra a una temperatura de 67 °C y se mantendrá constante durante 50 minutos, agitando cada 10 minutos para que toda la malta se mezcle con el agua, la recirculación del mosto se realiza a los 40 minutos de iniciar el empaste, de esta manera, se genera un sobre falso fondo del macerador formado por las cáscaras de los granos y la tela tipo malla, que retiene los sólidos y clarifican el mosto, el tipo de tanque que se usa en la empresa se aisló con un material que evite la pérdida de calor hacia el exterior el cual se muestra en la Figura 14

**Figura 14 Tanque macerador con aislante.**



El tiempo requerido depende de la velocidad de extracción y generalmente se logra una buena clarificación entre 20 y 30 minutos y la decisión de seguir recirculando se toma en forma visual (Figura 15) y del resultado de la prueba de yodo como se observa en las Figura 16, que da una tonalidad marrón/naranja indicando que el almidón fue convertido en su totalidad.

**Figura 15. Unidad maceradora con recirculación.**



**Figura 16. Prueba de yodo.**



**2.3.5 Hervido y lupulado.** El siguiente paso de la cerveza artesanal una vez filtrado el mosto, es el de añadir, al jugo obtenido del macerado, el lúpulo y someterlo a cocción. Este proceso persigue diversos objetivos:

- Coagular por la acción del calor las sustancias proteicas disueltas en el mosto que sedimentan como turbios.
- Destruir enzimas y microorganismos, estilizando así del líquido.

- Evaporar el agua necesaria para obtener la concentración deseada de extracto seco primitivo.
- Por último, recoger el lúpulo para que ceda a la cerveza componentes valiosos.
- Reducción del pH del mosto.
- Evaporación de sustancias aromáticas indeseadas<sup>48</sup>.

El mosto obtenido se somete a una cocción entre 60 y 90 minutos. Durante este tiempo se realizan diferentes adiciones de lúpulo.

El objetivo al agregar el lúpulo mientras el mosto hierve, es transferir los componentes amargos y aromáticos, al isomerizar los  $\alpha$ -ácidos insolubles en iso- $\alpha$ -ácidos solubles, al mismo tiempo que van precipitándose sustancias albuminoides<sup>48</sup>.

En la empresa Grren Hops, para hervir el mosto y macerar, se emplea una olla de cocción de 50 litros, como se observa en la Figura 17.

**Figura 17. Unidad de cocción.**



El tiempo de cocción varía entre 60 y 90 minutos a medida que el mosto se aproxima al punto de ebullición (temperatura entre 92 y 93 °C a presión de 560 mm Hg), se va formando una capa espesa de aspecto cremoso y color marrón como se observa en la Figura 18, las cuales son partículas de cereales arrastradas a la superficie que deben ser retiradas mediante el uso de un colador, llamado en la industria cervecera como desempumado.

---

<sup>48</sup> SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de un micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

**Figura 18. Formación de capa espesa en la etapa de cocción.**



**2.3.6 Adición de lúpulos.** Las adiciones de lúpulo se realizan en tiempos diferentes. Algunos casi al comienzo del hervor y otros de la mitad y hacia al final del mismo. Esto dependerá de las propiedades que se quieran obtener del lúpulo.

La dosificación del lúpulo depende exclusivamente del gusto y la expectativa del maestro cervecero, el productor puede intentar la metodología de prueba-error iniciando con 20 gramos hasta 40 gramos de lúpulo por cada 10 litros de cerveza, para poder llegar a un estándar deseado.

Las características más delicadas como el sabor y aroma se pierden muy rápidamente con el hervor (se evaporan), en cambio el amargor necesita tiempo para liberarse y ser absorbido por el mosto.

En el proceso de elaboración de la cerveza en Green Hops, cuando el mosto llega a temperatura de ebullición y empieza a hervir transcurridos 10 minutos, se procede a adicionar el primer tipo de lúpulo el cual tiene como objetivo proporcionarle el amargor a la cerveza, se debe hervir el mosto por aproximadamente una hora, con el fin de generar el amargos final del tipo de cerveza a elaborar.

Después de haber transcurrido unos 80 minutos de ebullición del mosto, se procede a adicionar el segundo tipo de lúpulo el cual proporciona a la cerveza la propiedad del sabor único, generalmente, el sabor se extrae y se preserva mejor si el lúpulo es adicionado a partir de los 10 min. Una vez terminado en proceso de cocción se realiza la coagulación en la olla, adicionando Irish Moss (también llamado musgo de

Irlanda, es un alga rojiza que se utiliza en el mundo cervecero como clarificante de la cerveza, en él, algunos grupos hidróxilos (OH) son sustituidos por grupos sulfatos que le otorgan una carga negativa, permitiéndole atraer a las proteínas cargadas positivamente, se agregan 2 gramos por 20 litros de mosto)<sup>49</sup>, en el hervor se genera turbiedad de carga positiva, el coagulante de carga negativa lleva a la formación de grandes partículas que por su peso se precipitan clarificando el mosto. Por ello es muy importante al adicional el Irish Moss se debe agitar fuertemente en forma de remolino (Whirlpool), una vez pasados 10 a 15 minutos se genera la compacta precipitación de proteínas en el fondo de las olla.

**Figura 19. Lúpulo utilizado en Green Hops.**



**2.3.7 Enfriado del mosto.** Terminado el proceso de hervido, es preciso enfriar el mosto de inmediato y lo más rápidamente posible para evitar problemas de contaminación biológica y favorecer la separación de proteínas y otras sustancias insolubles.

La levadura para realizar su actividad necesita de bajas temperaturas 20 a 25 °C, razón por la cual el mosto caliente se debe enfriar lo más rápidamente posible.

El mosto que sale por la parte lateral de la olla, libre de partículas no deseadas, pasa a la etapa de enfriado desde los 85 o 90 °C que se encuentra, a temperatura una temperatura favorable para la fermentación (20°C para cervezas tipo ALE y 12°C para tipo LAGER) en un tiempo menor a los 45 minutos, mediante la utilización de un intercambiador de placas de dos fases donde circula el mosto y en contra corriente con agua de grifo, como fluido con una temperatura entre 8 y 20°C, fase que permitirá la disminución de la temperatura del mosto hasta 20 a 25°C aproximadamente<sup>49</sup>.

---

<sup>49</sup>CERVEZA ARTESANA. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

El agua procedente del grifo, sale por el otro extremo del intercambiador a una temperatura aproximada de 45°C aproximadamente, una vez realizada el intercambio calorífico; Para la reutilización de esta agua se almacenará en un tanque de 500 L para su uso posterior en limpieza y desinfección de equipos.

*“Al finalizar esta etapa el mosto se encuentra una temperatura adecuada para iniciar el proceso de fermentación, **Aireación del mosto**: el mosto frío debe agitarse 15min para disolver aire. (La levadura requiere oxígeno para su propagación durante las 12 primeras horas de la fermentación. El resto de la fermentación es anaeróbica)”*.<sup>50</sup>

En la empresa Green Hops el proceso de enfriamiento del mosto se realiza mediante la utilización de un intercambiador de calor marca *Listed* modelo *dudahx-B3-12A-30ST Beer Wort Chiller*, intercambiador de calor de 30 placas con una superficie de 0.69 m<sup>2</sup>, que permite enfriar de manera rápida el mosto después del hervido, proceso de gran importancia para evitar infecciones y malos sabores en el producto final, pasando de 85°C a temperatura entre 15 y 20°C, con contracorriente de agua, el proceso tarda alrededor de 20 a 30 minutos para 25 litros.

**Figura 20. Intercambiador duda hx-B3-12A-30  
ST Beer Wort Chiller. Intercambiador.**



Durante este proceso el mosto primeramente brillante se enturbia. Para una realización rápida de la fermentación se le debe suministrar de forma adecuada aire a la levadura, únicamente cuando se encuentre a una temperatura baja, de lo contrario producirá la oxidación del mosto, significando una importante pérdida de calidad de la cerveza final<sup>51</sup>.

**2.3.8 Filtración.** En la producción de cerveza artesanal, se deben cumplir con ciertos parámetros para ser aceptada por el cliente final y por el mercado en el que entrara a competir, por lo tanto, es necesario implementar dentro del proceso ciertos

<sup>50</sup> CERVEZA ARTESANA. 2014. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014 <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

<sup>51</sup> CERVEZAS DEL MUNDO. 2014. Proceso de elaboración. [En línea] 2014 <https://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/proceso-de-elaboracion>. [Consultado el 04 de 05 de 2017.]

equipos que ayuden en el proceso de filtración de agua de alimentación, como la filtración de la cerveza como producto final. La filtración estéril se realiza con elementos filtrantes de 0.45 micras, lo que permite eliminar una gran cantidad de microorganismos sin tener que llevar a cabo un proceso de pasteurización y, al mismo tiempo, sin modificar las características de la cerveza<sup>52</sup>.

La etapa de filtración también retira microorganismos que pueden provocar una fermentación acelerada o una segunda fermentación no deseada, que pueda afectar a la cerveza dentro de la botella.

En el proceso de la empresa Green Hops, el filtro utilizado es una tela tipo malla con un tamiz relativamente pequeño (1 milímetro) que permita el paso del mosto, pero retenga los residuos con tamaños indeseados en la cerveza. Sin embargo, en esta etapa se presentan problemas de taponamiento de la malla, paso de sólidos suspendidos y repetidos lavados del filtro durante el paso de la cerveza al tanque de fermentación, evitando así la saturación del mismo.

Lo anterior origina demoras en la filtración, afecta el producto final por manipulación excesiva, turbidez y contacto prolongado con el aire, afectando la actividad de la levadura. El tiempo utilizado actualmente en este proceso es aproximadamente 70 minutos para un volumen de 25 litros.

**Figura 21. Filtro de tela saturado.**



**2.3.9 Fermentación.** La fermentación implica la acción de la cimesa segregada por la levadura que convierte los azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y dióxido de carbono. En detalle, la diastasa, la cimesa, la invertasa y el almidón se descomponen en azúcares complejos, luego en azúcares simples y

---

<sup>52</sup>DONALDSON ULTRAFILTER. Filtración de cerveza artesanal. [En línea] <http://donaldsonultrafilterlatam.com/filtracion-cerveza-artesanal>. [Consultado el 06 de 05 de 2017.]

finalmente en alcohol. Es decir, la fermentación produce la descomposición de sustancias orgánicas complejas en otras simples, gracias a una acción catalizada<sup>53</sup>.

La fermentación es una de las etapas determinantes para obtener una buena cerveza, en esta etapa la levadura inicia su actividad metabólica transformando los azúcares fermentables del mosto en dióxido de carbono y alcohol. Una vez traspasado el mosto al fermentador y sembrada la levadura, se debe sellar el tanque con una válvula que permita la salida de dióxido de carbono y evite el ingreso de aire, buscando un mayor rendimiento de conversión.

### **La fermentación de la cerveza en 4 fases:**

1. Lag o de retardo: las primeras 15 horas
2. crecimiento exponencial: desde el primer día al cuarto.
3. fermentación o estacionaria, donde la magia ocurre: desde el cuarto día al décimo.
4. sedimentación: del décimo hasta una-dos semanas más tarde<sup>54</sup>

#### **Fase 1: Lag.**

Cuando incorporamos la levadura al mosto, este necesita un tiempo de aclimatación. Esta fase no es visual, pero necesaria para que las células de levadura absorban oxígeno, vitaminas, minerales y amino ácidos (nitrógeno) presentes en el mosto<sup>54</sup>.

#### **Fase 2: de crecimiento.**

En esta fase el crecimiento de la levadura es exponencial. Se observa en la superficie espuma. La levadura consume los azúcares de más simples a menos, en este orden: glucosa, fructosa y sacarosa. La composición normal de azúcares en un mosto es de 14% glucosa y 59% maltosa. Por lo que la maltosa es el azúcar responsable en dar los diferentes aromas y sabores<sup>54</sup>.

#### **Fase 3: de fermentación o estacionaria.**

Esta es la fase en la que ya no pueden crecer más levaduras de las existentes, por lo que la actividad decae, pero tiene una velocidad constante. Este límite es

---

<sup>53</sup> CÉSPEDES JAIME ARIANSEN. ciencias y tecnología del vino . programa de enología del instituto de los andes . Perú. [4 de mayo de 2009]. [Consultado el 10 de mayo del 2017].

<sup>54</sup> KENSHO HUMBRER CEO. La fermentación de la cerveza en cuatro fases.[En línea: ] <http://www.kenshosake.com/la-fermentacion-de-la-cerveza-en-4-fases/> [Consultado el 30 de junio de 2017]

consecuencia de la falta de nutrientes y a la acumulación de metabolitos. A esta fase se denomina maduración<sup>55</sup>.

#### **Fase 4: sedimentación.**

La fermentación habrá finalizado una vez no haya más actividad (burbujas). En esta fase la levadura ha producido prácticamente todos los sabores y aromas. Se han generado la mayor parte de los ésteres, azufres y alcoholes fusibles. La espuma empieza a desaparecer y la levadura empieza a flocular.

Para ayudar a la sedimentación, lo mejor es enfriar la cerveza a 5º durante unos 10 días. De esta manera luego se separan los sedimentos de la cerveza y se observa una cerveza más limpia<sup>55</sup>.

El principal producto obtenido durante la fermentación es el alcohol etílico pero se conocen dos tipos de fermentaciones en cervecería:

- Fermentación de superficie: Se utiliza levadura que va a la superficie del líquido después de filtrar la fermentación. Con este sistema se hacen cervezas tipo Ale, Porter, Lambic, etc.
- Fermentación de fondo: Se emplea un tipo de levadura que se sedimenta al fondo de la tina después de haber efectuado la fermentación del mosto con ella se hacen cervezas tipo Lager. En las cervecerías nacionales se emplea este tipo de fermentación.<sup>56</sup>

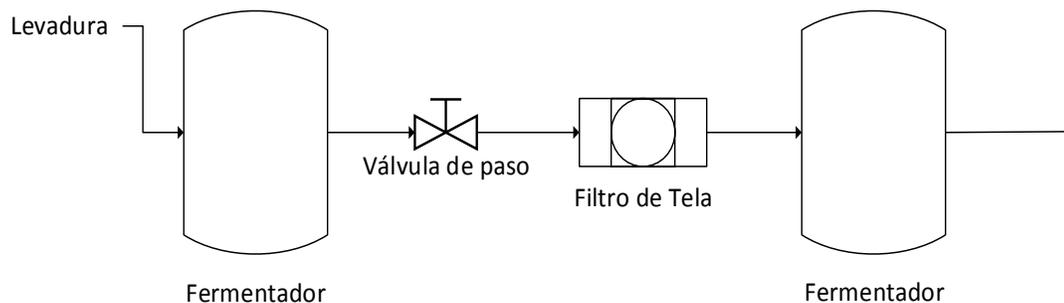
En los procesos de la empresa Green Hops, el tiempo aproximado al cual se debe fermentar la cerveza es de 1 semana en la primera fermentación y 1 semana para la segunda fermentación y el tipo de fermentación es ALE a una temperatura de 18 a 22°C utilizando la levadura (**Saccharomyces cerevisiae**), como se puede observar en la Figura 22.

---

<sup>55</sup> KENSHO HUMBRER CEO. La fermentación de la cerveza en cuatro fases.[En línea: ] <http://www.kenshosake.com/la-fermentacion-de-la-cerveza-en-4-fases/> [Consultado el 30 de junio de 2017]

<sup>56</sup> REICH RODOLFO. CERVEZAS ARGENTINAS: más de 130 variedades de todo el país y las 30 importadas que debes probar. . Argentina : Albatros. [Consultado el 30 de junio de 2017]

**Figura 22. Etapa de la primera fermentación.**



**2.3.10 Filtración posterior a la fermentación.** En el proceso de elaboración de cerveza se debe controlar los excesos de levadura para obtener unas características adecuadas al gusto del consumidor. Para lograr esto, la etapa de filtración posterior a la fermentación desempeña un papel importante ya que a través de esta etapa se eliminarán los excesos, evitando una actividad extra en el momento del envasado que ocasione la pérdida del lote de producción o un producto final que no cumpla con los estándares del productor, como por ejemplo sabor, aroma, textura y contenido alcohólico no deseado<sup>57</sup>.

En un proceso real, que una cerveza contenga una cantidad elevada de levadura causará en el producto final una bebida demasiado carbonatada con poco cuerpo y un ligero sabor a cerveza, razón por la cual se debe realizar el filtrado<sup>57</sup>.

La cerveza se clarifica o filtra para que las levaduras se depositen en el fondo y se transvasa a tanques de maduración o a botellas para que se produzca una segunda fermentación. A veces se añade azúcar y levaduras para estimular esta segunda fermentación y carbonatación. Esta segunda fermentación en botella, en la que hay todavía levadura, hace que algunas cervezas sigan desarrollando su carácter en la botella y pueda “envejecerse”, dependiendo de su densidad y de las levaduras que contenga<sup>57</sup>.

En la empresa Green Hops se realiza esta filtración utilizando un filtro tipo tela, el cual presenta dificultades por su taponamiento y demoras en el proceso.

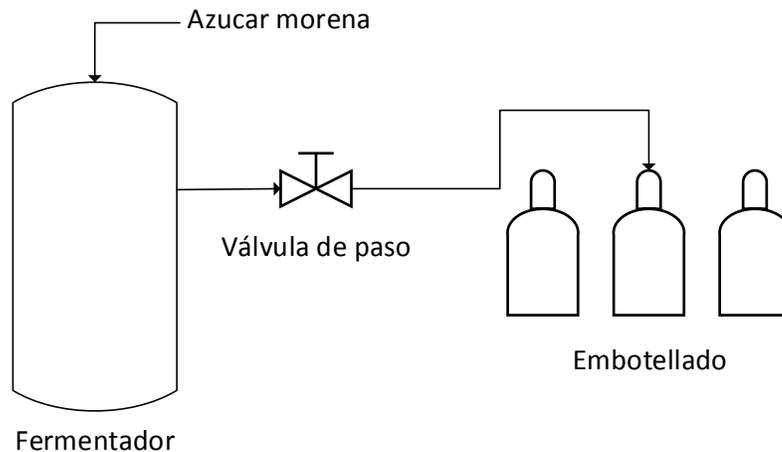
**2.3.11 Maduración.** En el proceso de elaboración de cerveza artesanal se recomienda realizar la fermentación en dos etapas para obtener una cerveza más clara, transparente y con un contenido de alcohol adecuado.

---

<sup>57</sup> CERVEZA ARTESANA. 2014. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

Transcurridos un periodo de 3 a 8 días, cuando la levadura ha sedimentado y la conversión a dióxido de carbono ha disminuido a una burbuja cada minuto, se debe realizar un cambio a un segundo fermentador por medio del sifón que tiene el tanque, dejando así todo el sedimento en el primer fermentador.

**Figura 23. Segunda fermentación.**



En la figura 23 se describe el proceso de maduración, esta etapa hace referencia al paso a una segunda fermentación, agregando azúcar morena (6 a 8 g por litro) para la carbonatación de la cerveza, y posteriormente proceder al embotellado, aproximadamente son de 5 a 8 días más.

**2.3.12 Envasado y maduración final.** Finalizada la fermentación secundaria y con la levadura sedimentada, se transfiere la cerveza a botellas o un barril de presión.

Transcurrido un periodo mínimo de 8 días después de la 2 fermentación, se verifica que el burbujeo del tanque fermentador por las valvula de escape sea mayor a los 3 minutos, lo cual da indica que esta apta para continuar con el proceso de envasado de la cerveza.<sup>58</sup>

Se preparan los envases esterilizados, y así proceder al llenado y sellado del envase. La relación que se utiliza para la cantidad de azúcar utilizada se define por cada litro de cerveza le corresponden entre 6 a 8 gramos de azúcar. Se recomienda azúcar de maíz, glucosa o también azúcar de caña. El azúcar se debe disolver en agua caliente previo al mezclado (400 cc aproximadamente). Luego se agrega al tanque fermentador con el fin de realizar el llenado y tapado de la cerveza elaborada.

---

<sup>58</sup> CERVEZA ARTESANA. 2014. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

Por otro lado, la cerveza que se ha fabricado está sujeta a la oxidación y, por lo tanto, se debe proteger y evitar que entre en contacto con el oxígeno, sobretodo en el momento de embarrilarla o embotellarla<sup>59</sup>.

La primera preocupación y la más importante a la hora de embotellar las cervezas es prevenir la contaminación. En la elaboración de cerveza profesional, las embotelladoras isobáricas logran sacar el oxígeno restante en la botella (el oxígeno presente en el cuello) mediante la inyección de CO<sub>2</sub>, que pesa más que el oxígeno. De esta forma, las microcervecías consiguen evitar la oxidación de sus productos en el proceso de embotellado y alargar su vida útil<sup>59</sup>.

En la empresa Green Hops una vez finalizada la fermentación se toman los controles para evitar la oxigenación de la cerveza cuando se va a embotellar, sellando en todo momento el fermentador y evitando que el líquido choque con las paredes de la botella, de esa forma se disminuye la oxigenación.

Las cervezas que han tenido una segunda fermentación en la botella pueden contener en el fondo de la misma un depósito de levadura o sedimento. Para no enturbiar la cerveza, habrá que tener cuidado al servirla<sup>59</sup>. Este sedimento no es perjudicial, sino que es señal de una buena cerveza que ha tenido una maduración posterior.

**Figura 24. Etapa de sellado.**



---

<sup>59</sup> CERVEZA ARTESANA. 2014. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

## 2.4 PRODUCTO FINAL

En el análisis del producto obtenido, después de la culminación de todas las etapas involucradas en el proceso, se pueden medir algunas características de la cerveza de manera concreta, por ejemplo:

- La cantidad y la retención de espuma: Un ensayo a efectuar es el de medir la distancia de espuma formada al verter una botella de cerveza en un vaso. El tiempo que tarde en desvanecerse esta corona de espuma se asociará a la retención de la espuma. Para ello, debe utilizarse siempre el mismo procedimiento controlando las distintas condiciones: tipos y formas de los vasos, lavado de estos, temperatura cerveza, temperatura ambiente, distancia y posición de servicio. De esta forma pueden obtenerse datos concluyentes. Hay dispositivos para medir con mucha precisión estos parámetros, pero son inviables económicamente para una planta de estas características. Para la toma de muestras de cerveza se utilizó la Guía técnica colombiana GTC 32 sobre toma de muestras de cerveza<sup>60</sup> y la GTC 73 Esta guía suministra una orientación para evaluar la estabilidad física de la cerveza con el tiempo y por cambios de temperatura, a través de medidas de turbiedad.
- El color de la cerveza: El color de la cerveza se determinará en un primer momento a partir de un software de simulación del proceso que, según algunos parámetros tales como: maltas utilizadas, cantidad de agua, temperaturas de proceso, rendimiento, tipo de fermentación, estimará a partir de modelos matemáticos, el color final de la cerveza terminada. Otra forma consiste en comparar con unas plantillas que contienen las escalas de colores como por ejemplo la gama de los grados Lovibond y compararlo en un sitio con una buena iluminación y con el mismo fondo. Existen otros métodos más precisos de ensayo, pero económicamente no son viables para una pequeña fábrica de cervezas. Se realiza mediante la NTC 147 Cervezas. Determinación del color en cervezas por medio de patrones de color<sup>61</sup>.
- El grado de turbidez de la cerveza: Para ello se podrá realizar una inspección visual tras servir en un vaso la cerveza y tomar algunas fotografías con las que se pueda dejar constancia de la turbidez, o utilizar la norma NTC 153 cerveza Método para determinar la turbiedad<sup>62</sup>

Finalmente, la pureza del sabor de la cerveza, el olor, la presencia o la delicadeza

---

<sup>60</sup> GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA. GTC 32 del 26 de febrero de 1997. cerveza toma de muestras. . [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

<sup>61</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 147. CERVEZAS .determinación del color en cervezas por medio de patrones de color. [28 de Abril de 1967] [Consultado el 12 de julio del 2017]

<sup>62</sup> NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 147. CERVEZAS .determinación del color en cervezas por medio de patrones de color. [28 de Abril de 1967] [Consultado el 12 de julio del 2017]

de su amargor son factores que no pueden ser registrados analíticamente. Sin embargo, justo estos son los factores que interesan en primer lugar al consumidor.

Para registrar estos criterios determinantes para la calidad, la cerveza debe ser degustada examinando su olor y sabor de acuerdo con diferentes aspectos.<sup>63</sup> Ver figura 25.

**Figura 25. Imagen del producto final.**



## **2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Para poder analizar los datos obtenidos en la fabricación de cerveza, se utilizó un método de selección para determinar que etapa del proceso tiene una mayor incidencia en el producto final.

Mediante una matriz de PUGH ( Este tipo de herramientas se utiliza para la toma de decisiones sobre el desarrollo de un nuevo producto o servicio, diferenciando los criterios que van a aportar más valor de una manera cuantitativa, es decir, una manera rápida de poder priorizar las características del producto que se pretende lanzar o mejorar) se evalúa la incidencia de cada proceso con variables establecidas por expertos cerveceros como QA *Brewer* y consumidores; estas variables son características especiales para catalogar una cerveza de excelente calidad, las cuales se simplifican en 4, las cuales son: turbidez, color, sabor y aroma y sólidos suspendidos.

---

<sup>63</sup> SANCHO SAURINA, R. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de un micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

**2.5.1 Selección de operación unitaria.** La matriz de PUGH (en honor a su creador: el británico **Stuart Pugh**. Pugh fue un reconocido ingeniero de diseño, responsable de acuñar el concepto de **diseño total**) es una técnica cuantitativa utilizada para clasificar la mejor opción de un conjunto de opciones. Esta técnica es altamente utilizada en ingeniería para tomar decisiones en diseño, al igual puede ser utilizada para clasificar las opciones de inversión, opciones de proveedor o las opciones de producto. Una matriz de decisión básica busca establecer una serie de criterios en los que las posibles opciones se pueden descomponer, registrar, y sumar para obtener una puntuación total que puede ser clasificada y dependiendo de lo que se busca concluir la opción más viable.

Las ventajas de utilizar esta técnica son<sup>64</sup>:

- Las opiniones subjetivas que se tienen acerca de una alternativa, se pueden tornar objetivas.
- Los estudios de sensibilidad que se pueden llevar a cabo, se pueden analizar qué tanto tendría que cambiar una opción o un factor para que una alternativa de menor rango clasifique en una alternativa competitiva.

La metodología utilizada para la matriz PUGH

Como parte fundamental en la depuración para la selección del concepto, fue necesario hacer uso de la metodología de Pugh que se apoya en una matriz de decisiones que emplea para filtrar, ordenar, resaltar o suprimir de forma selectiva las características de los conceptos de producto presentados. Esta evaluación de conceptos se empleó ya que una mayor resolución, en cuanto a criterios de selección, va a lograr una mejor diferencia entre los conceptos que compiten<sup>64</sup>.

Con ello se consigue ver cuáles son los puntos fuertes y las limitaciones que presentan las posibles alternativas al problema, en base a una alternativa raíz desde la que se comparan el resto, pudiendo optar por la del **mayor impacto** y deshacerse de las más débiles. La ventaja de la Matriz Pugh es acercar una toma de decisiones subjetivas a una objetiva y cuantitativa<sup>64</sup>.

A continuación se presentan los pasos para la implementación de la matriz PUGH:

- Se comienza **construyendo la matriz** analizando cuáles son los posibles conceptos (se colocan en la primera columna) sobre los criterios que se van a usar, en las restantes columnas se colocan las distintas alternativas que se van a seleccionar, este paso puede estar soportado por una lluvia de ideas anterior donde puedan surgir mayor cantidad de alternativas<sup>64</sup>.

---

<sup>64</sup> MANUFACTURING TERMS. Pugh Matrix. [En línea] <http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Pugh-Matrix-Definition.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

Se asigna un valor puntual a cada criterio de diseño, considerando la importancia que tiene sobre los demás parámetros.

La escala seleccionada está comprendida entre dos valores y representa el grado de importancia.<sup>65</sup> Ver tabla 20

**Tabla 20** construcción de matriz

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Concepto 1					
Concepto 2					
Concepto 3					
Concepto 4					
Concepto 5					

Fuente: GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

Una vez finalizado este paso, se realiza el estudio comparativo entre las distintas alternativas, se utiliza la primera alternativa como base, es decir, la puntuación va a ser en todos los campos la misma, y en función de esto se compara cada una de las siguientes con la primera para cada uno de los conceptos. La valoración será: +1 si es mejor que el criterio base o -1 si es peor, 0 para el caso de ser similares es importancia<sup>66</sup>.

---

<sup>65</sup> GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

<sup>66</sup> GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

**Tabla 21. Criterios y conceptos**

		Criterios				
		Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5
Concepto	Viabilidad	=	1	1	-1	0
	Tiempo de implantación (días)	=	1	1	-1	0
	Costo de desarrollo (€)	=	0	1	-1	0
	Beneficio para empresa (€)	=	-1	1	0	1
	Grado de innovación	=	1	1	0	1
	Total		0	2	5	-3

Fuente: GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcachome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

Al realizar la suma de los valores se observa como el criterio o alternativa 3 es la que mayor puntuación ha conseguido, por lo que es el más importante y el que mayor impacto va a generar en la organización, se ha creado una priorización de alternativas, sería la siguiente<sup>66</sup>:

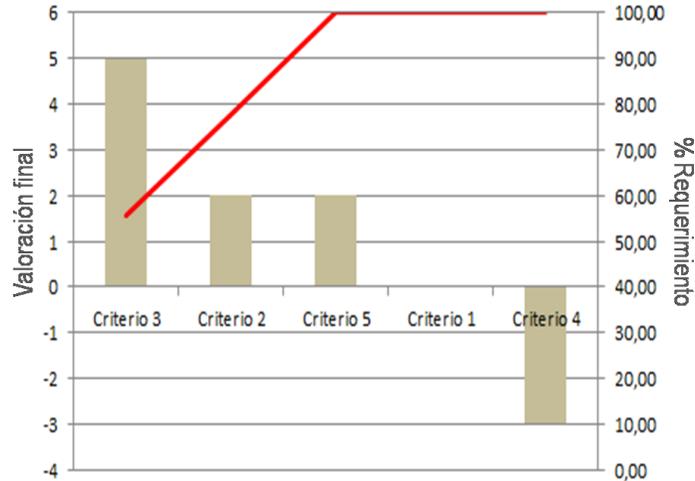
**Tabla 22. Suma de los valores se observa como el criterio o alternativa**

	Valoración	% Requerimiento
Criterio 3	5	55,56
Criterio 2	2	22,22
Criterio 5	2	22,22
Criterio 1	0	0,00
Criterio 4	-3	0,00
		100,00

Fuente: GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcachome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

Gráficamente la representación en un Pareto sería la siguiente,

**Gráfica 3. Ejemplo representación gráfica matriz pugh**



Fuente: GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

Se observa como el criterio/ alternativa 3 tiene la mayor valoración y con ella se consigue tener un porcentaje de impacto elevado sobre el resto con el 55%, mientras que con los criterios 2 y 5 consigue alcanzar la totalidad del requerimiento para el nuevo producto/ servicio o su posible mejora<sup>67</sup>.

A continuación, se explica la tabla de conceptos y criterios, enfocados en el análisis del proceso de fabricación de la cerveza.

**Tabla 23. Variables y nivel de importancia en la fabricación de cerveza artesanal.**

Variables	Nivel de importancia
Turbidez	3
Color	1
Sabor y aroma	4
Solidos suspendidos	2

<sup>67</sup> GONZALEZ RODIGO. Matriz de pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

El primer paso, en la tabla 23 se muestran las variables y nivel de importancia, en la cual se observa que el rango de nivel de importancia va de 1 a 4, siendo 4 la más importante y 1 el de menos importancia, se determinó el nivel de importancia tomando como características especiales del producto a fabricar entre ellas están el sabor y aroma como el principal nivel de importancia con un valor máximo de 4 ya que estas características distinguen una excelente cerveza artesanal, la segunda variable la turbidez, la claridad es uno de los principales objetivos de muchos estilos de cerveza. Muchos artesanos cerveceros, tanto caseros como profesionales, hacen todo lo posible por conseguirla, por ello es tan importante esta característica a ser evaluada. La tercera variable los sólidos suspendidos relacionados con la turbidez afectando en modo indirecto la calidad final del producto y la última variable el color, este se ve influenciado por la turbidez y los sólidos suspendidos alterando el color real del producto final, por ello su nivel de importancia es de 1 el nivel más bajo ya que existe influencia por las dos variables anteriores.

El segundo paso, las alternativas de diseño (etapas del proceso de elaboración de cerveza) se evalúan con respecto a cada uno de los criterios, asignando mayor cantidad de valores positivos (+) hasta un máximo de 4, a aquellos que presentan características favorables (**Indispensable**), los valores negativos (-) hasta un máximo de -4 se asignan a aquellos diseños poco aceptados (**no indispensable**) y 0 (igual I) a aquellos que se consideran neutros (**medianamente indispensable**)<sup>68</sup>.

En la tabla de conceptos (Tabla 24 ) se relaciona lo indispensable con un valor de positivo (+), lo medianamente indispensable con un valor de igual (=) y lo no indispensable con un valor negativo (-) para clasificar las variables en el proceso

**Tabla 24. Tabla de conceptos.**

<b>Tabla de conceptos</b>		
Indispensable	+	Positivo
Medianamente indispensable	I	Igual
No indispensable	-	Negativo

En el tercer paso, luego de evaluar cada alternativa (etapas del proceso) se realiza la sumatoria de los valores positivos, negativos y neutros que fueron asignados a

<sup>68</sup> MANUFACTURING TERMS. Pugh Matrix. [En línea] <http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Pugh-Matrix-Definition.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

cada alternativa previamente multiplicada por el nivel de importancia del criterio (1 a 4)<sup>68</sup> figura 26.

**Figura 26. Matriz PUGH.**

MATRIZ PUGH										
Variables	Etapas del proceso									
	Nivel de importancia	Comparación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
V1	3	II	-	+	I	I	I	+	I	-
V2	1	II	-	I	+	I	I	+	I	-
V3	4	II	-	I	I	+	+	+	+	-
V4	2	II	-	+	+	I	I	+	I	-
SUMA POSITIVOS			0	2	2	1	1	4	1	0
SUMA NEGATIVOS			4	0	0	0	0	0	0	4
SUMA IGUALES			0	2	2	3	3	0	3	0
SUMA PONDERADA DE POSITIVOS			0	5	3	4	4	10	4	0
SUMA PONDERADA DE NEGATIVOS			10	0	0	0	0	0	0	10
TOTALES			-10	5	3	4	4	10	4	-10

Para el desarrollo numérico de la matriz se utilizan las siguientes ecuaciones:

Para la suma de positivos, iguales y negativos, se planteó una hoja de cálculo en la cual se determina el valor que se le dará y la sumatoria se realiza por cada etapa la suma de todas las variables:

**Ecuación 2. Suma Positivos.**

$$Suma\ Positivos = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_n$$

**Ecuación 3. Suma Negativos.**

$$Suma\ Negativos = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_n$$

**Ecuación 4. Suma Iguales.**

$$Suma\ Iguales = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_n$$

Para hallar la etapa que tiene mayor puntaje en la matriz se debe realizar la suma ponderada de positivos y negativos, ya que los iguales no afectan y numéricamente

se representa el (+) como 1, (-) como -1 y el igual representa un valor igual a la 0, por esta razón la suma ponderada que se realiza es de los valores que afecten<sup>69</sup>.

En la misma hoja de cálculo se plantean dos matrices una para positivos y otra para negativos de la siguiente manera:

El número de columnas estará dado por  $N_{etapas} + 1$  y las filas será igual al número de variables analizadas.

Para el caso de investigación las matrices quedaron de la siguiente manera:

**Tabla 25. Matriz de positivos y negativos.**

POSITIVOS								NEGATIVOS									
0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	4	4	4	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
0	0	2	2	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2

La primera columna sería igual al nivel de importancia y la comparación según la metodología de la matriz Pugh; Para calcular el resto de la matriz se realiza la siguiente operación se multiplica el concepto de la etapa n por la variable n y se pone un condicional si es concepto positivo o negativo que son los de interés<sup>69</sup>.

Para la suma de ponderados positivos se toman únicamente los conceptos positivos y de la misma manera los conceptos negativos.

Para el valor total que es el de interés por cada etapa se realiza la siguiente operación

**Ecuación 5. Ecuación valor total.**

$$Total = Suma\ ponderado\ Positos - Suma\ ponderado\ Negativos$$

El cuarto pasó, una vez realizada la sumatoria se selecciona la alternativa que presenta el mayor resultado positivo. Ver tabla 26.

<sup>69</sup> MANUFACTURING TERMS. Pugh Matrix. [En línea] <http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Pugh-Matrix-Definition.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

Para la situación específica de la investigación se obtuvo los siguientes resultados.

**Tabla 26. Matriz de PUGH.**

<b>MATRIZ PUGH</b>										
<u>Tabla de Conceptos</u> INDISPENSABLE + MEDIANAMENTE INDISPENSABLE   NO INDISPENSABLE -	Etapas del proceso									
	Nivel de Importancia	Comparación	Pesado	Molienda	Macerado	Cocción	Enfriado	Filtración	Fermentación	Embotellado
Variables										
Turbidez	3	=	-	+	I	I	I	+	I	-
Color	1	=	-	I	+	I	I	+	I	-
Sabor y Aroma	4	=	-	I	I	+	+	+	+	-
Solidos Suspendidos	2	=	-	+	+	I	I	+	I	-
SUMA POSITIVOS			0	2	2	1	1	4	1	0
SUMA NEGATIVOS			4	0	0	0	0	0	0	4
SUMA IGUALES			0	2	2	3	3	0	3	0
SUMA PONDERADA DE POSITIVOS			0	5	3	4	4	10	4	0
SUMA PONDERADA DE NEGATIVOS			10	0	0	0	0	0	0	10
<b>TOTALES</b>			<b>-10</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>-10</b>

**Tabla 27. Matriz Positivos.**

POSITIVOS								
0	0	3	0	0	0	3	0	0
0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	0	0	4	4	4	4	0
0	0	2	2	0	0	2	0	0

**Tabla 28. Matriz negativos.**

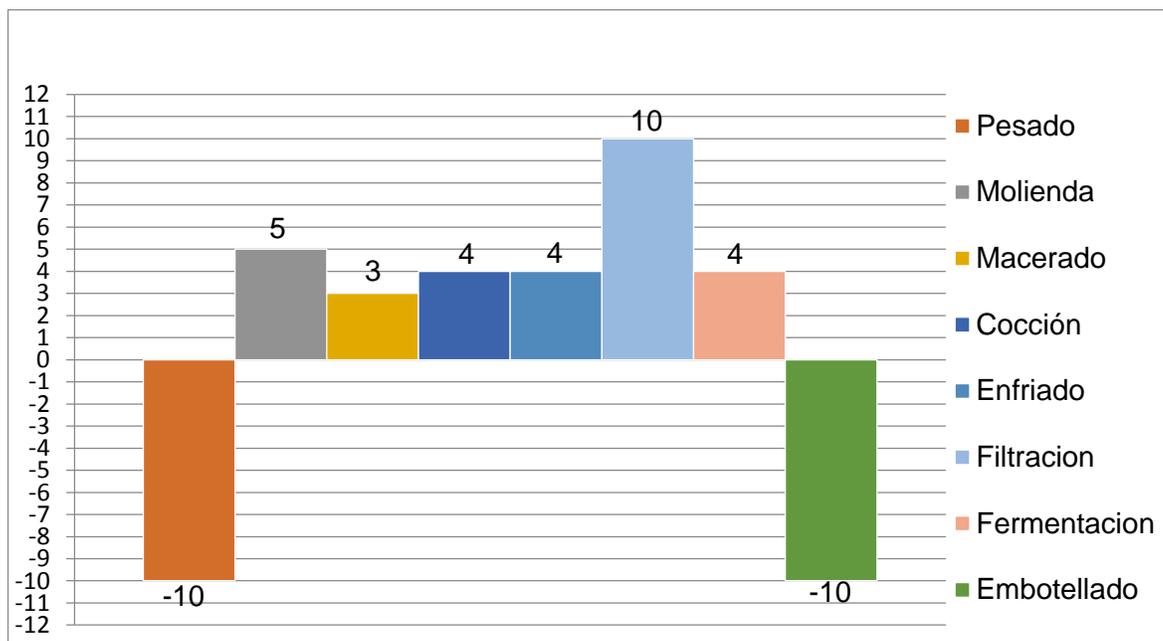
NEGATIVOS								
0	3	0	0	0	0	0	0	3
0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	4	0	0	0	0	0	0	4
0	2	0	0	0	0	0	0	2

En el análisis de los datos obtenidos en la matriz de PUGH, se obtuvo un resultado mayor de 10 puntos y menor de -10, interpretando que el proceso crítico en la

elaboración de la cerveza artesanal tipo Ale Roja es la filtración, dado que obtuvo el mayor valor en la matriz Pugh, con un valor de 10 positivo, mientras que los procesos de pesado y embotellado, son los que menos afectan teniendo un valor de -10.

Como se muestra en la gráfica 4 los datos obtenidos en la matriz, señalan que el valor más alto corresponde a la etapa de filtración (actividades que se observaron al utilizar un filtro de tela que generaba problemas de taponamiento y demoras en el proceso, los demás datos obtenidos muestran que la incidencia baja y los valores negativos muestran que no tienen ninguna influencia en el proceso).

**Gráfica 4. Selección gráfica de la operación unitaria con mayor influencia.**



La etapa de filtración que realiza actualmente la empresa Green Hops, como se mencionó anteriormente utiliza un filtro de tela tipo malla con un tamiz pequeño, sin embargo hay problemas de taponamiento de la malla, paso de sólidos suspendidos que afectan la calidad organoléptica especialmente la turbidez del producto final, y gran cantidad de contacto con el aire, razón por la cual el estudio se centrará en evaluar alternativas de mejora del proceso de filtración ya que una cerveza más limpia, no solo cuenta con un mejor aspecto sino también características más estables. Si no es posible disminuir la cantidad de impurezas la cerveza va a tener una tendencia a deteriorarse más rápidamente afectando su sabor y aroma, color y brillo.

## 2.6 TOMA DE DATOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Para la toma de datos se realizaron 3 lotes de cerveza artesanal en diferentes fechas, y para la toma de tiempos se utilizó un cronómetro electrónico celular Samsung S5, los resultados se registraron en las tablas 29, 30 y 31. Datos de lotes de producción cerveza artesanal ale roja, para determinar los tiempos de cada etapa, y la calidad del producto final. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

**Tabla 29. Datos primer lote de producción cerveza artesanal ALE roja.**

LOTE No. 1 FILTRO DE TELA				
Fecha		27/11/2016		
Peso Malta	1 Kg malta base/3 Lt agua		Cantidad (Lt)	20
	t inicio	t final	Tiempo Total (min)	Pruebas Físicoquímicas
<b>Pesado y molienda</b>	27/11/2016 08:00	27/11/2016 08:30	00:30	
<b>Satanizado</b>	27/11/2016 08:30	27/11/2016 08:50	00:20	
<b>Calentamiento agua</b>	27/11/2016 08:50	27/11/2016 10:20	01:30	
<b>Paso del agua al Macerador</b>	27/11/2016 10:25	27/11/2016 10:35	00:10	
<b>Maceración y recirculación</b>	27/11/2016 10:35	27/11/2016 11:38	01:03	Prueba de yodo: Negativa
<b>Pre cocción (Hervir)</b>	27/11/2016 11:38	27/11/2016 12:29	00:51	
<b>Cocción</b>	27/11/2016 12:29	27/11/2016 13:31	01:02	Refractometría: 1,35
<b>Adición 1° lúpulo</b>	27/11/2016 00:41	27/11/2016 00:43	00:02	pH: 5,5
<b>Adición 2° lúpulo</b>	27/11/2016 13:20	27/11/2016 13:22	00:02	
<b>Filtración No.1 e intercambio</b>	27/11/2016 13:31	27/11/2016 14:43	01:12	
<b>Fermentación ( 1 SEMANA)</b>	27/11/2016	05/12/2016	8 días	
<b>Filtración No. 2</b>	05/12/2016 16:05	05/12/2016 16:40	00:35	
<b>Maduración ( 1 SEMANA)</b>	05/12/2016	13/12/2016	8 días	
<b>Cantidad</b>			<b>42</b>	

Los tiempos son muy importantes en cada proceso de la elaboración de la cerveza artesanal como en la maceración, un mayor tiempo de 90 min afecta las proteínas (desnaturalización), lo mismo sucederá en la cocción, un tiempo mayor de 60min afectando la acción de los lúpulos utilizados tanto en el amargor y aroma de la cerveza como la desnaturalización de las proteínas.

En la adición de los lúpulos los tiempos son muy importantes para generar el amargor y aroma en la cerveza, y por último la filtración y enfriado ya que se requiere un tiempo menor para evitar la contaminación del mosto, el cual ha esta temperatura de 90 °C convirtiéndose en un caldo de cultivo para cualquier microorganismo que afectaría el consumo de la cerveza artesanal.

Tabla 30. Datos segundo lote de producción cerveza artesanal roja.

LOTE No. 2 FILTRO DE TELA				
Fecha		20/12/2016		
Peso Malta	1 Kg malta base/3 Lt agua			Cantidad (Lt)
				30
t inicio	t final	Tiempo Total (min.)	Pruebas Físicoquímicas	
Pesado y molienda	20/12/2016 12:00	20/12/2016 12:33	00:33	
Satanizado	20/12/2016 12:34	20/12/2016 12:55	00:21	
Calentamiento agua	20/12/2016 12:55	20/12/2016 14:29	01:34	
Paso del agua al Macerador	20/12/2016 14:29	20/12/2016 14:37	00:08	
Maceración y recirculación	20/12/2016 14:37	20/12/2016 15:39	01:02	Prueba de yodo: Negativa
Pre cocción (Hervir)	20/12/2016 15:39	20/12/2016 16:33	00:54	
Cocción	20/12/2016 16:33	20/12/2016 17:42	01:09	Refractometría: 1,28
Adición 1° lúpulo	20/12/2016 16:43	20/12/2016 16:45	00:02	pH: 5,2
Adición 2° lúpulo	20/12/2016 17:30	20/12/2016 17:32	00:02	
Filtración No.1 e intercambio	20/12/2016 17:42	20/12/2016 18:59	01:17	
Fermentación ( 1 SEMANA)	20/12/2016	28/12/2016	8 días	
Filtración No. 2	28/12/2017 17:15	28/12/2017 17:51	00:36	
Maduración ( 1 SEMANA)	28/12/2016	05/01/2017	8 días	
Cantidad Cervezas			52	

Tabla 31. Datos tercer lote de producción cerveza artesanal roja.

LOTE No. 3 FILTRO DE TELA				
Fecha		05/02/2017		
Peso Malta	1 Kg malta base/3 Lt agua			Cantidad (lt)
				30
t inicio	t final	Tiempo Total	Pruebas Físicoquímicas	
Pesado y molienda	05/02/2017 08:00	05/02/2017 08:30	00:30	
Satanizado	05/02/2017 08:30	05/02/2017 08:50	00:20	
Calentamiento agua	05/02/2017 08:50	05/02/2017 10:20	01:30	
Paso del agua al Macerador	05/02/2017 10:25	05/02/2017 10:35	00:10	
Maceración y recirculación	05/02/2017 10:35	05/02/2017 11:38	01:03	Prueba de yodo: Negativa
Pre cocción (Hervir)	05/02/2017 11:38	05/02/2017 12:27	00:49	
Cocción	05/02/2017 12:27	05/02/2017 13:28	01:01	Refractometría: 1,32
Adición 1° lúpulo	05/02/2017 00:37	05/02/2017 00:39	00:02	pH: 5,5
Adición 2° lúpulo	05/02/2017 13:18	05/02/2017 13:20	00:02	
Filtración No.1 e intercambio	05/02/2017 13:28	05/02/2017 14:42	01:14	
Fermentación ( 1 SEMANA)	05/02/2017	13/02/2017	8 días	
Filtración No. 2	13/02/2017 15:05	13/02/2017 15:38	00:33	
Maduración ( 1 SEMANA)	13/02/2017	21/02/2017	8 días	
Cantidad			53	

Se calculó el tiempo promedio de cada etapa, utilizando una medida de tendencia central, en la tabla 32 se presentan los Datos promedio en minutos de la producción de los lotes.

**Tabla 32. Datos promedio de tiempo en minutos de la producción de los lotes.**

<b>FILTRO DE TELA</b>				
<b>OPERACIÓN</b>	<b>Lote No. 1</b>	<b>Lote No. 2</b>	<b>Lote No. 3</b>	<b>Promedio (min)</b>
Pesado y molienda	00:30	00:33	00:30	00:31:00
Satanizado	00:20	00:21	00:20	00:20:20
Calentamiento agua	01:30	01:34	01:30	01:31:20
Paso del agua al Macerador	00:10	00:08	00:10	00:09:20
Maceración y recirculación	01:03	01:02	01:03	01:02:40
Pre cocción (Hervir)	00:51	00:54	00:49	00:51:20
Cocción	01:02	01:09	01:01	01:04:00
Adición 1° lúpulo	00:02	00:02	00:02	00:02:00
Adición 2° lúpulo	00:02	00:02	00:02	00:02:00
Filtración No.1 e intercambio	01:12	01:17	01:14	01:14:20
Fermentación ( 1 SEMANA)	8 días	8 días	8 días	8 días
Filtración No. 2	00:35	00:36	00:33	00:34:40
Maduración ( 1 SEMANA)	8 días	8 días	8 días	8 días

Los datos de los tiempos promedios obtenidos de los tres lotes son similares para cada proceso, sin embargo se observa que el tiempo que requiere la etapa de filtración de la cerveza es alto respecto al tiempo que debe ser mínimo ya que como se explicó se debe filtrar y enfriar lo más rápido posible para evitar contaminación del mosto. Los expertos cerveceros recomiendan un tiempo entre 20 a 30 min máximo<sup>70</sup>, atribuyendo el resultado de los tiempos al tipo de filtro utilizado, y la saturación de este ocasionando taponamiento y aumentando el tiempo en esta etapa por cada pausa que debe hacerse para realizar el lavado del filtro, otra consecuencia que influye directamente en la calidad del producto es que por el tamaño de poro del filtro, permite el paso de sedimentos como malta, lúpulo produciendo un grado de turbidez alto generando turbidez muy alto, cambio en el aroma y afectando la estabilidad de la cerveza, haciendo que la cerveza se deteriore más rápidamente.

Las operaciones en el proceso tienen parámetros claves y puntuales para asegurar la calidad del producto que el maestro cervecero desea, el cual le dará la seguridad al productor de elaborar un producto que cumplan las exigencias del mercado y del consumidor.

En las etapas de pesado, molienda, macerado, cocción, enfriado, fermentación y embotellado, las variables como calidad de grano, rangos de temperatura, tiempo de enfriado y tipo de fermentación han sido controlados durante el proceso, sin embargo, en la etapa de filtración se afectan directamente las características finales de la cerveza tipo Ale roja o cualquier tipo de cerveza que se quiera producir. Por

<sup>70</sup> BRODERICK. The practical brewer a manual for the brewing industry. Wisconsin U.S.A: BOAR. 1983. [Consultado el 30 de junio de 2017]

esta razón es necesario mejorar esta fase mediante la utilización de un filtro, para mejorar la calidad, color, brillo, transparencia, estabilidad, aroma y sabor.

Una vez analizada la matriz de PUGH y los tiempos de cada proceso el proyecto se centrará en mejorar significativamente la filtración de la cerveza. Para poder obtener un filtro adecuado que abarque todas las necesidades de la empresa se realiza la investigación acerca del proceso más específico y los tipos de filtro que se pueden implementar sin cambios en la calidad del producto final, y cumpliendo con el objetivo de mejorar tiempos y características finales.

### 3. FILTRACIÓN DE LA CERVEZA

Previo a la etapa de fermentación y al finalizar la etapa de maduración la cerveza conserva cierto grado de turbidez, ya que contiene sólidos en suspensión, tales como proteínas, levaduras, restos de malta o lúpulo que entraron al tanque de fermentación y durante este tiempo se precipitaron y en el proceso de maduración estarán presentes para continuar al envasado, esto requiere un sistema de filtración para proporcionarle brillo y transparencia al producto final que se verá reflejado en el momento de que el cliente vaya a consumirla, de lo contrario estos elementos afectan el aspecto de la cerveza, su aroma, sabor y reduce su vida útil.

En la elaboración tradicional de cerveza, en la filtración se utilizaban filtros de marcos desarmables y como medio filtrante, pulpa de celulosa, estos tipos de filtros proporcionaban al proceso un alto grado de eficacia, pero baja eficiencia, porque las tortas filtrantes se sometían a ocho horas de un lavado riguroso causando demoras en la reposición de estas. Actualmente los filtros son diseñados con placas micro porosas con ayudas filtrantes como la tierra de diatomáceas las cuales garantizan un mayor ciclo de filtración y por consiguiente una mejor eficiencia en la producción<sup>71</sup>.

La turbidez de la cerveza radica principalmente en la rata de filtración y la clase de filtro utilizado, en general este proceso debe ser rápido. Los expertos cerveceros recomiendan un tiempo entre 20 a 30 min máximo<sup>71</sup>

Para obtener un producto final ideal debe ser un líquido cristalino, libre de cualquier agente que le modifique las características; Si la cerveza presenta turbidez, significa que contiene sólidos en suspensión, como proteínas, levaduras, bacterias o restos de malta o lúpulo, los cuales se pueden eliminar en parte por decantación durante un tiempo de reposo prolongado. Los elementos en suspensión afectan el aspecto de la cerveza, su aroma, sabor y también reducen su vida útil. El proceso de filtración en la cerveza permite:

- Reducir el tiempo de reposo
- Dar un aspecto claro y cristalino
- Preservar el aroma y el sabor
- Aumentar la estabilidad y la duración
- Preparar las condiciones para la posterior esterilización en frío por medio de cartuchos<sup>72</sup>.

Por las ventajas que trae implementar el proceso de filtración, la industria cervecera

---

<sup>71</sup> BRODERICK. The practical brewer a manual for the brewing industry. Wisconsin U.S.A: BOAR. 1983. [Consultado el 30 de junio de 2017]

<sup>72</sup> STÖVER. cerveza artesanal: la fitación. *tecnología de los procesos* . 2014. [Consultado el 30 de junio de 2017]

utiliza filtros para darle mayor claridad a la cerveza después del reposo. Los filtros utilizados en los años 40 empleaban como medio filtrante, fibras sueltas de algodón o celulosa (“pulpa de celulosa”), prensadas en moldes para darle forma de discos que se colocaban dentro de un equipo adecuado. Una vez que los discos se saturaban con los residuos, se descomponían en agua caliente y las fibras de algodón o celulosa se lavaban y se utilizaban nuevamente, la desventaja de este manejo era su compleja implementación, y un alto costo en vapor y mano de obra<sup>73</sup>.

Otro método de filtración de la cerveza, es hacerla pasar por algún otro medio poroso como una tela, un cartucho o una placa filtrante, donde queden retenidas todas las partículas indeseadas, que al final afectara el producto, la desventaja de esta metodología es que el nivel de caudal sería muy bajo y el ciclo de filtrado muy corto, porque los sólidos que se desean retener tiene una fase gelatinosa, saturando los poros del material filtrante; Actualmente la fabricación de cerveza artesanal implementa la filtración mediante un lecho filtrante que no cambie ninguna propiedades de la cerveza artesanal y si aumente la eficiencia de esta etapa<sup>74</sup>.

### **3.1 TIPOS DE TURBIDEZ**

**3.1.1 Turbidez permanente.** Corresponde a un alto contenido de almidones, la cual resulta una difícil eliminación, este tipo de turbidez se controla cumpliendo con los tiempos adecuados en el macerado y realizando prueba de yodo para confirmar la conversión de almidones en azúcares simples; Difícil separación<sup>75</sup>.

**3.1.2 Turbidez por presencia de levaduras.** Corresponde a una cantidad determinada de levaduras que no metabolizaron las azúcares y se precipitaron en el fondo del tanque o quedaron en suspensión; Fácil separación<sup>75</sup>.

**3.1.3 Turbidez del frío.** Corresponde a la presencia de taninos en temperaturas bajas, pero al aumentar la temperatura desaparecen haciendo difícil la separación y requiriendo el uso de productos filtrantes o coagulantes<sup>75</sup>.

---

<sup>74</sup> STÖVER. cerveza artesanal: la fitación. *tecnología de los procesos* . 2014. [Consultado el 30 de junio de 2017]

<sup>75</sup> CERVEZA DE ARGENTINA. Clarificar o no clarificar. [En línea] <http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/clarificaronclarificar.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

## 3.2 TIPOS DE FILTROS

Después de una investigación y consulta a las cervecerías industriales y artesanales tales como BBC, Babarúa se observó que tipos de filtros se utilizaban en la industria se redujo la información a tres tipos de filtros que se ajustaban a las necesidades de la empresa Green Hops, en la investigación se analizan características de costo, implementación y resultados; Por lo tanto, los tipos de filtro que se analizaran son:

1. Los contenedores de cartucho.
2. Los filtros de placas.
3. Los filtros de tierra de diatomáceas.

Antes de filtrar la cerveza hay que procurar que se encuentre lo más limpia posible por esta razón se utiliza Iris Moss, entre 10 o 20 minutos antes de parar la cocción, esto ayudara a la precipitación o suspensión de partículas indeseadas y se realizara una fermentación secundaria prolongada.

La cerveza antes de carbonatar entrara en un proceso de filtración a temperatura ambiente, de lo contrario las burbujas de dióxido de carbono taponaran el filtro y no se obtendrá ningún resultado favorable.

**3.2.1 Contenedor de Cartuchos.** Es un método de filtración sencillo, que se compone de un vaso de polipropileno, el cual es desmontable y al cual se le pueden adaptar diferentes tipos de cartuchos filtrantes, las ventajas principales es su bajo costo y su fácil accesibilidad.

Los cartuchos de nylon son una buena opción con un diámetro igual o menor de 0,5 micrones si no se realiza la carbonatación por medio de azúcares, ya que se capturará las levaduras y no se tendrán agentes para fermentar o tendrá una actividad baja; El tamaño recomendable esta entre 1 y 4 micrones, ya que este no afecta en el proceso de carbonatación, (proceso que se realiza en la empresa) y se elige según el estado de la cerveza, o el brillo que se quiera obtener<sup>76</sup>.

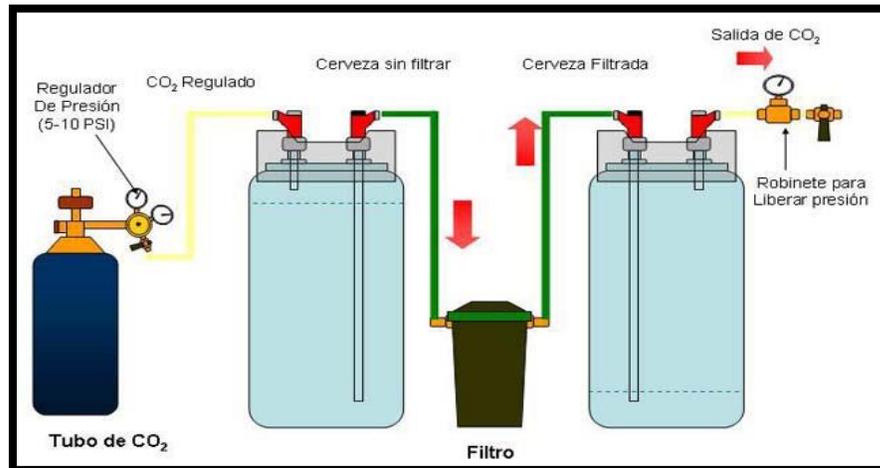
La metodología recomendada radica en pasar la cerveza turbia de un tanque, olla de cocción o barril a otro tanque cerrado, impulsando con CO<sub>2</sub>. Este procedimiento puede ser rápido y la generación de espuma será menor. También se puede utilizar una bomba de poco caudal, y realizar el proceso directamente del tanque de fermentación a otro tanque preferiblemente cerrado, como se observa en la figura 27 la manera gráfica del procedimiento<sup>76</sup>:

---

<sup>76</sup>ASOCIACION DE CERVECEROS CASEROS ESPAÑOLES. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad>. [ Consultado el 18 de mayo del 2017]

- El barril de la derecha se encuentra vacío y limpio; Se lava el filtro y barril eliminando el líquido con el cual se realizó la limpieza y se inyecta CO<sub>2</sub> para conseguir que el barril y el filtro queden llenos de CO<sub>2</sub>.
- Se conecta la toma de gas del depósito de la izquierda al balón de CO<sub>2</sub> y la de líquido al filtro con un cartucho de 0.45 micras. Luego se ajusta la llave del barril de la derecha hasta que se elimine un poco de gas.
- Se abre la llave del manómetro y se observa como la cerveza va pasando al barril de la derecha ya limpia. En el caso de usar bombas tipo peristálticas simplemente se pasará la cerveza de un tanque a otro sin preocuparnos los cambios de presión.
- Al finalizar se desconectan todas las conexiones y se hará la limpieza de materiales y filtros.
- Después se podrá carbonatar la cerveza preferiblemente a contrapresión<sup>77</sup>.

**Figura 27. Diagrama del proceso de filtración contenedor de cartucho.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad>. [ Consultado el 18 de mayo del 2017]

Los filtros poseen un mal lavado, entonces se cuentan con dos opciones que dependen del criterio del producto, se pueden descartar, lo que acarrea una inversión mayor, o realizar un lavado con alcohol, él se puede usar para limpiar el filtro durante varias veces<sup>77</sup>.

La figura 28 es un ejemplo real de una filtración por medio de contenedores de cartucho de un tanque abierto a otro tanque abierto, por medio de una bomba peristáltica, y en las ilustraciones siguientes se observan otros ejemplos de la

<sup>77</sup> ASOCIACION DE CERVECEROS CASEROS ESPAÑOLES. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad>. [ Consultado el 18 de mayo del 2017]

implementación de filtros de cartucho de alta presión, de tanque cerrado a tanque cerrado protegido en atmosfera de dióxido de carbono. En la figura 29 con inyección de dióxido de carbono y la figura 30 mediante una bomba de CO<sub>2</sub> Shurflo para ajustar el rango en la salida del filtro y compensar presión del sistema.<sup>78</sup>

**Figura 28. Filtro de cartuchos de tanque abierto.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

**Figura 29. Filtro contenedores cartucho inyección de CO<sub>2</sub>.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

---

<sup>78</sup> ASOCIACION DE CERVECEROS CASEROS ESPAÑOLES. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

**Figura 30. Filtro de cartuchos con bomba de CO2.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

**3.2.2 Filtro de Placas.** En la especificación del filtro anterior se demostró que se pueden utilizar diferentes calibres de filtrado dependiendo de la necesidad o de las características deseadas del producto, en este filtro se pueden utilizar hasta 12 placas, con la facilidad que la cerveza pasara más rápidamente y se evitara la obstrucción del filtro<sup>79</sup>.

**Figura 31. Filtro de placas.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

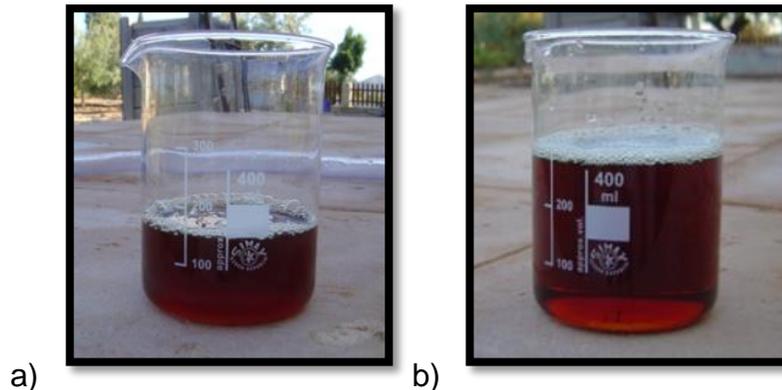
---

<sup>79</sup>ASOCIACION DE CERVECEROS CASEROS ESPAÑOLES. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

En la figura 31 se observan las placas de nylon en las cuales se alojan los cartones filtrantes. En estos filtros no se presenta la necesidad de dióxido de carbono, ya que el equipo lleva una bomba reversible, que permite filtrar en un sentido y lavar las placas a contracorriente una vez finalizado el proceso<sup>80</sup>.

Este tipo de filtros se pueden utilizar en varios procesos de filtrado, como ventaja que a mayor uso de cartones mayor velocidad de filtrado, pero la calidad no es proporcional a la cantidad de cartones; por esta razón estos filtros son de mayor costo y en calidad será igual montar 2 o 12 placas, pues al final se obtendrá la misma calidad de la cerveza solo que con un menor tiempo de filtración<sup>80</sup>.

**Figura 32. Comparación de cervezas: a) Cerveza artesanal sin filtrar. b) Cerveza artesanal filtrada por filtro de placas.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[ Consultado el 18 de mayo del 2017]

En la Figura 32 se observa notablemente de la diferencia entre una cerveza filtrada por placas y una cerveza sin filtrar, el cual se observa el color, transparencia y brillo con un cambio notable<sup>80</sup>.

<sup>80</sup> ASOCIACION DE CERVECEROS CASEROS ESPAÑOLES. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.>[Consultado el 18 de mayo del 2017]

**Figura 33. Montaje implementación filtro de placas.**



Fuente: asociacion de cerveceros caseros españoles. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad.> [ Consultado el 18 de mayo del 2017]

**3.2.3 Filtración con Tierra de Diatomáceas.** La diatomea es un mineral compuesto por los restos de los esqueletos de plantas acuáticas microscópicas llamadas diatomeas. La diatomea es una célula viva, envuelta por una especie de caja porosa de sílice<sup>81</sup>.

Los países que comercializan los filtros de diatomeas principalmente son Estados Unidos (California), México (Jalisco), Chile (Arica) y Perú (Arequipa), Estos depósitos contienen sílice prácticamente pura y contienen diversas diatomeas lo que las hace aptas para el uso como auxiliar filtrante<sup>81</sup>.

**3.2.3.1 Método de filtración.** Para realizar una filtración mediante diatomeas, es necesario un equipo que tienen en su interior varios discos o platos cubiertos con telas, generalmente de acero inoxidable, por las cuales el líquido que se desea filtrar pasara<sup>81</sup>.

Para hacer un proceso exitoso se debe cubrir las telas de los discos o platos con una capa de diatomea, aproximadamente 2 mm de espesor antes del inicio de la filtración, haciendo circular por el filtro, por medio de una bomba, una suspensión de diatomea en agua. Una vez formada la “pre capa”, con la misma bomba se comienza a pasar cerveza a través de la pre capa<sup>81</sup>.

Este tipo de filtros se utilizan a nivel industrial, en las grandes industrias se agregan pequeñas cantidades de diatomea a la cerveza que ingresa al filtro, lo que logran son ciclos de filtración prolongados. En una fabricación de cerveza artesanal, es

---

<sup>81</sup> STÖVER. cerveza artesanal: la fitación. tecnología de los procesos . 2014. [Consultado el 30 de junio de 2017]

posible que la dosificación no sea necesaria<sup>82</sup>.

En esta operación, las telas del filtro trabajan como soportes de la diatomea, y no actúan en la filtración como en los anteriormente utilizados, ya que lo que realmente filtra es el lecho de diatomeas, el cual forma la “torta” filtrante que se forma sobre las telas. La porosidad de la torta está entre 3 y 10 micras, dependiendo del grado de diatomea utilizado, lo cual permite retener partículas microscópicas, como levaduras y bacterias <sup>82</sup>.

**3.2.3.2 Medición de filtración.** La turbidez se puede medir mediante un turbidímetro, lo ideal es mantener este parámetro por debajo de 1,0 NTU<sup>82</sup>.

En el mercado de cerveza se asegura su estabilidad por pasteurización y además evitan la aparición de la turbidez producida por el enfriamiento de la cerveza después de cierto tiempo de embotellada, recurriendo a productos como la sílica gel. De esta forma pueden garantizar estabilidad de seis meses en cervezas para el mercado local y de un año para las de exportación<sup>82</sup>.

En el caso del mercado artesanal no se aspira una estabilidad prolongada en el producto como la comercial, pero si se busca una estabilidad de varios meses a un máximo de un año en condiciones de refrigeración, sin tener que recurrir a la pasteurización. Esta estabilidad se logra haciendo pasar la cerveza a través de cartuchos filtrantes de porosidad menor a 0,5 micrones. Se recomienda su uso sólo después de una filtración con diatomeas para que elimine la mayor parte de la turbidez de la cerveza, con lo que se logra una duración prolongada del cartucho<sup>82</sup>.

### 3.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE FILTRO

Con las características de cada filtro y los análisis respecto a 3 criterios se realiza una matriz de decisión tipo PUGH, la cual dará la opción más adecuada para la empresa y para el proceso, y definirá la opción más favorable.

**Tabla 33. Tabla de conceptos.**

Favorable	+	Positivo
Medianamente favorable	I	Igual
No favorable	-	Negativo

Los tres filtros analizados se evaluarán con 3 criterios claves en la implementación de la mejor opción.

<sup>82</sup> STÖVER. cerveza artesanal: la fitación. tecnología de los procesos . 2014. [Consultado el 30 de junio de 2017]

**Tabla 34. Criterios e importancia.**

Criterios	Nivel de importancia
Costo	3
Facilidad del montaje	2
Reutilización	1

Se planteó la siguiente matriz:

**Tabla 35. Matriz de PUGH.**

MATRIZ PUGH					
<p><i>Tabla de Conceptos</i></p> <p>FAVORABLE +</p> <p>MEDIANAMENTE FAVORABLE F</p> <p>NO FAVORABLE -</p>	Etapas del proceso				
	Nivel de Importancia	Comparación	Contenedores de cartucho	Filtro de placas	Filtro de tierra de diatomeas
Variables					
Costo	3	=	+	+	F
Reutilización	1	=	+	F	+
Facilidad del montaje	2	=	+	F	F
SUMA POSITIVOS			3	1	1
SUMA NEGATIVOS			0	0	0
SUMA IGUALES			0	2	2
SUMA PONDERADA DE POSITIVOS			6	3	1
SUMA PONDERADA DE NEGATIVOS			0	0	0
TOTALES			6	3	1

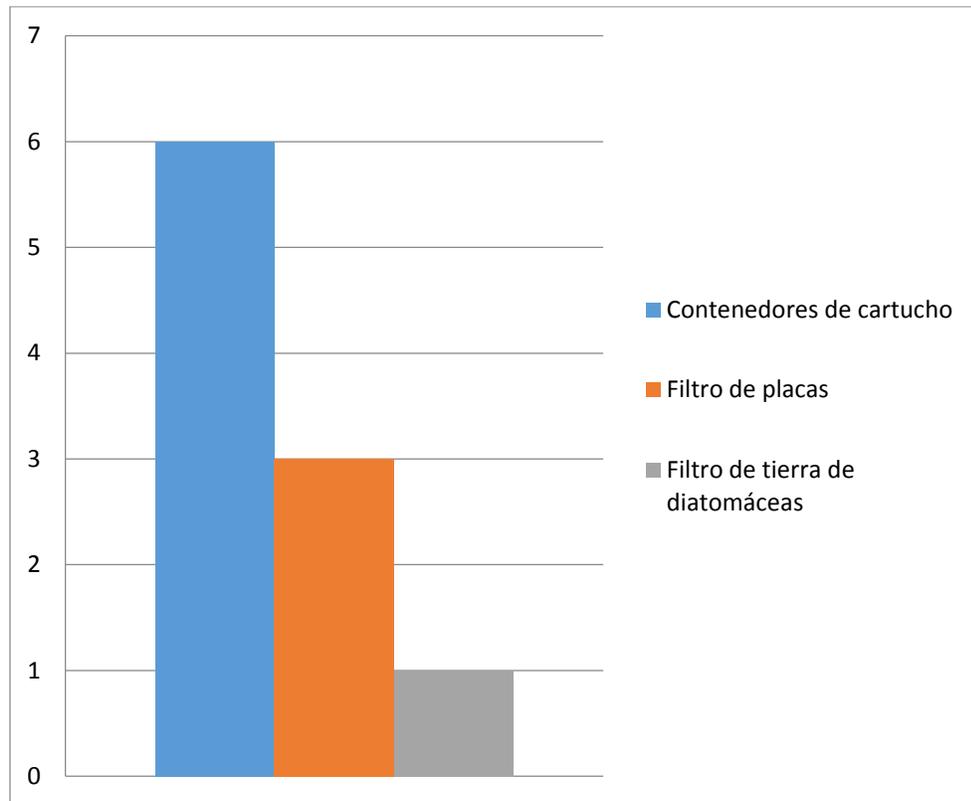
**Tabla 36. Tabla de Positivos y Negativos.**

POSITIVOS				NEGATIVOS			
0	3	3	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0

Por medio de la solución de la matriz de PUGH, se concluyó que la opción más favorable para la mejora del proceso es el filtro de contenedores de cartucho teniendo un bajo costo, una reutilización adecuada y una facilidad el montaje para el momento de la implementación.

En la gráfica 5 se observa que el mayor puntaje se le atribuyó al filtro de contenedores de cartucho con un valor de 6 y el menor y la opción menos favorable fue el filtro de tierra de diatomáceas, por su mayor costo y el complejo montaje que conlleva.

**Gráfica 5. Selección de Filtro.**



#### 4. IMPLEMENTACION DEL FILTRO CONTENEDOR DE CARTUCHO

Después de analizar que la alternativa que más se ajustaba a las necesidades de la empresa era el contenedor de cartuchos, se escoge un cartucho de nylon de 1 micra ya que este no afecta el proceso de carbonatación y se puede obtener una cerveza con mejores propiedades fisicoquímicas y microbiológicas (entre menor sea el número de micras, mejor será la calidad del producto).

Continuando con la implementación del filtro, se procedió a elaborar 3 lotes de cerveza roja para comparar los resultados del producto final obtenido con los 3 lotes de la producción inicial utilizando el filtro de tela.

La cantidad de agua total utilizada fue de 90 litros, de los cuales se utilizaron 44 litros para la producción de los dos primeros lotes, 34 litros para el tercer lote y 12 litros para el proceso de limpieza y lavado de los equipos y materiales utilizados. La diferencia de la cantidad de producción y la cantidad utilizada radica en la pérdida por evaporación o pérdidas durante algunas etapas del proceso.

El proceso de producción se realizó de la misma manera como se planteó en el diagnóstico, modificando únicamente las filtraciones tanto del agua como del mosto, esperando que el tiempo de producción se reduzca y los resultados sean mejores en comparación con los datos obtenidos en el diagnóstico. Los lotes se realizaron en tres días diferentes para obtener una mejor reproducibilidad estadística de los datos.

En el inicio de la producción de estos lotes, se dejó reposar el agua por un periodo de 24 horas para eliminar el cloro presente y se realizó una primera filtración mediante la utilización de un filtro PURTRESX PX01-9 7/8; como se puede ver en la figura 34, el cual retiene los residuos indeseados en el centro del contenedor.

**Figura 34. Filtro PURTRESX PX01-9 7/8.**



En la figura 35 se observa la diferencia de color y las características del agua previa y posterior a la filtración, entre ellas cloro, solidos suspendidos y hierro disuelto.

La variación de la filtración del agua utilizada como materia prima, se realizó porque los residuos que contenía inicialmente podían estar alterando ligeramente algunas propiedades de la cerveza y se deseaba obtener un producto de la mejor calidad iniciando por la materia prima utilizada. Como se observa en la figura 36 la cantidad de partículas indeseadas que contenía el agua era representativa y esto le daba el tono amarillento al agua a pesar de ser apta para el consumo humano este tipo de partículas podrían afectar directamente el color, el sabor, aroma y otras propiedades de la cerveza.

**Figura 35. Comparación: a) Agua sin filtrar. b) Agua filtrada.**



**Figura 36. Residuos de la filtración del agua.**



#### 4.1 PRODUCCIÓN PRIMER LOTE DE CERVEZA ARTESANAL ROJA TIPO ALE

En la producción del primer lote de cerveza se presentaron algunos inconvenientes en el montaje del filtro de cartuchos ya que se estaba adaptando al sistema y no se tenía una idea real del funcionamiento (investigación exploratoria), lo que causo perdidas en la cantidad de mosto, aproximadamente de 6 litros entre la cantidad que se evaporo y la cantidad que queda retenido en cada equipo y las “camas” utilizadas.

Los problemas en la implementación del filtro se originaron inicialmente al realizar la filtración por gravedad usando el flujo que sale de la olla de cocción al intercambiador de calor, luego pasa por el filtro y finalmente pasando al tanque fermentador. Este método no funciono por la falta de presión del sistema hacia el filtro, por lo que se tuvo que recurrir al uso de la bomba centrífuga de recirculación (2), la cual se conectó entre la olla de cocción (1) y el intercambiador de calor (3), luego el intercambiador se conectó al filtro de cartucho (4) y finalmente el filtro se conectó al tanque de fermentación (5) como se observa en la figura 37, evitando la entrada de aire y mostrando un producto menos turbio.

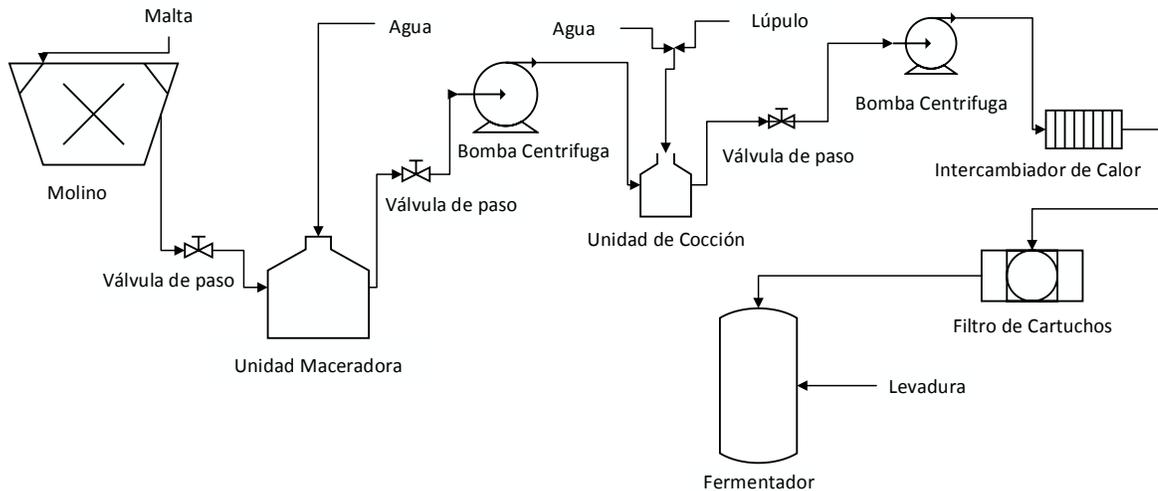
Figura 37. Montaje en el proceso del filtro de contenedor de cartucho.



Para el análisis del proceso de fabricación de la cerveza artesanal, al implementar el filtro se planteó el diagrama de proceso con las variables que se modificarían al cambiar el filtro de tela por el filtro de contenedor de cartucho, se observa que las variables de proceso como temperaturas y las unidades del proceso no sufren

cambios notables exceptuando el filtro de contenedor de cartucho (figura 38), obteniendo las mismas propiedades antes de llegar a la etapa de filtración, pero lo que se analizó fue la influencia de este cambio en los tiempos de producción y en las propiedades del producto final( turbidez y sólidos suspendidos) tal como se realizó en el diagnóstico del proceso.

**Figura 38. Diagrama de producción con filtro de cartucho.**

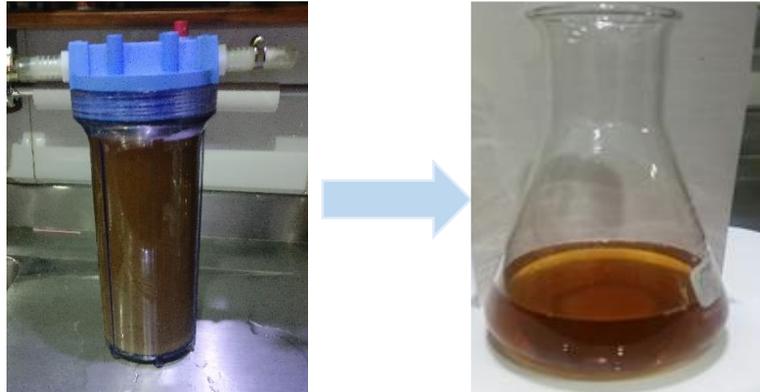


En el proceso real se corroboró que al utilizar la bomba y el filtro de contenedor de cartuchos el tiempo empleado desde la unidad de cocción hasta el fermentador se redujo, el cual se halló en la diferencia de tiempos con filtro de tela y con filtro de contenedor, evitando el contacto con el aire y la contaminación que se daba en la producción anterior.

En el primer lote se pudo ver un mejoramiento general en la etapa de filtración como se puede notar en a figura 39.

Para obtener los datos reales de producción después de la implementación del filtro de contenedor se procedió a realizar las mismas tablas de la producción de los primeros 3 lotes para poder analizar los cambios por etapa en los tiempos de fabricación.

**Figura 39. Muestra de cerveza filtrada por filtro de contenedor de cartucho.**



**Tabla 37. Tabla tiempos de producción Lote No. 1 con filtro contenedor de cartucho**

LOTE No. 1 FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO				
Fecha	22/04/2017			
Peso Malta	1 Kg malta base / 3 Lt agua		Cantidad (lt)	20
t inicio	t final	Tiempo Total (min)	Pruebas Físicoquímicas	
<b>Pesado y molienda</b>	22/04/2017 07:00	22/04/2017 07:30	00:30	
<b>Satanizado</b>	22/04/2017 07:30	22/04/2017 07:50	00:20	
<b>Calentamiento agua</b>	22/04/2017 07:50	22/04/2017 08:50	01:00	
<b>Paso del agua al Macerado</b>	22/04/2017 08:50	22/04/2017 08:57	00:07	
<b>Maceración y recirculación</b>	22/04/2017 08:57	22/04/2017 10:25	01:28	Prueba de yodo: negativo
<b>Pre cocción (Hervir)</b>	22/04/2017 10:25	22/04/2017 11:25	01:00	
<b>Cocción</b>	22/04/2017 11:25	22/04/2017 12:42	01:17	brix: 10 sgw 1,040
<b>Adición 1° lúpulo</b>	22/04/2017 11:35	22/04/2017 11:37	00:02	pH: 5,5
<b>Adición 2° lúpulo</b>	22/04/2017 12:15	22/04/2017 12:17	00:02	
<b>Filtración No.1 e intercamb</b>	22/04/2017 12:42	22/04/2017 12:50	00:08	
<b>Fermentación ( 1 SEMANA)</b>	22/04/2017	30/04/2017	8 días	
<b>Maduración ( 1 SEMANA)</b>	30/04/2017 00:00	08/05/2017 00:00	8 días	
<b>Filtración No. 2</b>	08/05/2017	08/05/2017	00:07	
<b>Cantidad</b>			<b>38</b>	

## 4.2 PRODUCCIÓN SEGUNDO LOTE DE CERVEZA ARTESANAL ROJA TIPO ALE

Como se observa en la tabla 38 la etapa de filtración se redujo a 8 minutos teniendo una cantidad de 20 litros de agua inicial. Con el uso de la bomba el proceso se realizó de manera continua sin ningún tipo de taponamiento o saturación del filtro lo que permitió que el proceso se diera en un menor tiempo, reduciendo la exposición de la cerveza previa a la etapa de fermentación.

Tabla 38. Tabla tiempos de producción Lote No. 2 con filtro contenedor de cartucho.

LOTE No. 2 FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO				
Fecha		23/04/2017		
Peso Malta	1 Kg malta base/3 Lt agua		Cantidad (lt)	20
t inicio	t final	Tiempo Total (min)	Pruebas Físicoquímicas	
Pesado y molienda	23/04/2017 08:00	23/04/2017 08:30	00:30	
Satanizado	23/04/2017 08:30	23/04/2017 08:50	00:20	
Calentamiento agua	23/04/2017 08:50	23/04/2017 09:59	01:09	
Paso del agua al Macerado	23/04/2017 09:59	23/04/2017 10:06	00:07	
Maceración y recirculación	23/04/2017 10:06	23/04/2017 11:36	01:30	Prueba de yodo: negativa
Pre cocción (Hervir)	23/04/2017 11:36	23/04/2017 12:40	01:04	
Cocción	23/04/2017 12:40	23/04/2017 13:50	01:10	brix:8,6 sgw:1,034
Adición 1° lúpulo	23/04/2017 12:50	23/04/2017 12:52	00:02	pH: 5
Adición 2° lúpulo	23/04/2017 13:38	23/04/2017 13:40	00:02	
Filtración No.1 e intercamb	23/04/2017 13:50	23/04/2017 13:58	00:08	
Fermentación ( 1 SEMANA)	23/04/2017	01/05/2017	8 días	
Maduración ( 1 SEMANA)	01/05/2017	09/05/2017	8 días	
Filtración No. 2	09/05/2017 12:00	09/05/2017 12:05	00:05	
<b>Cantidad</b>			<b>44</b>	

### 4.3 PRODUCCIÓN TERCER LOTE DE CERVEZA ARTESANAL ROJA TIPO ALE

En la tabla 39 se observa que en la etapa de filtración el tiempo se estabilizo en un rango aproximado de 10 minutos, siendo proporcional el tiempo de filtración y paso al tanque de fermentación, a la cantidad tratada. En el análisis de la tabla se observa que en la producción del último lote del diagnóstico (tabla 39) el tiempo utilizado para la primera filtración fue de 1 hora 14 minutos el cual se redujo a 10 minutos, disminuyendo en un 86% el tiempo empleado en esta etapa.

Tabla 39. Tabla tiempos de producción Lote No. 3 con filtro contenedor de cartucho.

LOTE No. 3 FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO				
Fecha		24/04/2017		
Peso Malta	1 Kg malta base/3 Lt agua		Cantidad (lt)	30
t inicio	t final	Tiempo Total (min)	Pruebas Físicoquímicas	
Pesado y molienda	24/04/2017 06:00	24/04/2017 06:30	00:30	
Satanizado	24/04/2017 06:30	24/04/2017 06:50	00:20	
Calentamiento agua	24/04/2017 06:50	24/04/2017 08:10	01:20	
Paso del agua al Macerado	24/04/2017 08:10	24/04/2017 08:20	00:10	
Maceración y recirculación	24/04/2017 08:20	24/04/2017 09:50	01:30	Prueba de yodo: negativo
Pre cocción (Hervir)	24/04/2017 09:50	24/04/2017 11:05	01:15	
Cocción	24/04/2017 11:05	24/04/2017 12:20	01:15	brix: 8,6 sgw: 1,034
Adición 1° lúpulo	24/04/2017 11:15	24/04/2017 11:17	00:02	pH:5
Adición 2° lúpulo	24/04/2017 12:05	24/04/2017 12:07	00:02	
Filtración No.1 e intercamb	24/04/2017 12:20	24/04/2017 12:30	00:10	
Fermentación ( 1 SEMANA)	24/04/2017	02/05/2017	8 días	
Maduración ( 1 SEMANA)	02/05/2017	10/05/2017	8 días	
Filtración No.2	10/05/2017 11:05	10/05/2017 11:14	00:09	
<b>Cantidad</b>			<b>50</b>	

En la tabla 40 al igual que en el diagnóstico, se realizó un resumen de los tiempos de operación calculando así su promedio final.

**Tabla 40. Tabla resumen tiempos lotes con filtro de contenedor de cartucho.**

<b>FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO</b>				
<b>OPERACIÓN</b>	<b>Lote No. 1</b>	<b>Lote No. 2</b>	<b>Lote No. 3</b>	<b>Promedio (min)</b>
Pesado y molienda	00:30	00:30	00:30	00:30:00
Satanizado	00:20	00:20	00:20	00:20:00
Calentamiento agua	01:00	01:09	01:20	01:09:40
Paso del agua al Macerador	00:07	00:07	00:10	00:08:00
Maceración y recirculación	01:28	01:30	01:30	01:29:20
Pre cocción (Hervir)	01:00	01:04	01:15	01:06:20
Cocción	01:17	01:10	01:15	01:14:00
Adición 1° lúpulo	00:02	00:02	00:02	00:02:00
Adición 2° lúpulo	00:02	00:02	00:02	00:02:00
Filtración No.1 e intercambio	00:08	00:08	00:10	00:08:40
Fermentación ( 1 SEMANA)	8 días	8 días	8 días	8 días
Maduración ( 1 SEMANA)	8 días	8 días	8 días	8 días
Filtración No. 2	00:07	00:05	00:09	00:07:00

#### **4.4 ANALISIS DE RESULTADOS**

**4.4.1 Resultados con filtro de tela.** De los 6 lotes producidos (tres con filtro de tela y tres con contenedor de cartuchos) se realizaron las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas a una muestra de 660 ml de cada lote con filtro de tela, siendo en total tres muestras identificadas con los números 1, 2 y 3.

En la tabla 41 se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos, entregados por el laboratorio *AcquaLaboratorio S.A.S.*, comparados con la norma NTC 3854, la cual da las especificaciones para bebidas alcohólicas, incluyendo la cerveza.

La NTC solo refiere los límites mínimo y máximo para el etanol, pero no fija rango para la turbidez ni sólidos suspendidos.

**Tabla 41. Informe de pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de tela.**

FILTRO DE TELA							
INFORME DE ENSAYO FISICOQUIMICO			LOTE # 1	LOTE # 2	LOTE # 3	NTC 3854	
ANALISIS	METODO	UNIDADES	RESULTADOS			MIN	MAX
Etanol (expresado en grados de alcoholimetricos ) a 20°C	GTC 4	% v/v 20°C	3	4	4	2.5	12
Turbidez total	Turbidimetria	NTU	412	407	165	No aplica	
Turbidez permanente	Turbidimetria	NTU	269	178	41,95	No aplica	
Turbidez fria	Turbidimetria	NTU	143	229	123,05	No aplica	
Solidos suspendidos	Gavimetria	mg/L	458	751	483	No aplica	

Para el análisis se calculó el promedio de los tres lotes con filtro de tela y la desviación estándar con el fin de determinar la dispersión de los datos respecto a la media:

**Tabla 42. Promedio de resultados de pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de tela.**

FILTRO DE TELA		
INFORME DE ENSAYO FISICOQUIMICO	PROMEDIO	DESVIACIÓN
Etanol (expresado en grados de alcoholimetricos ) a 20°C	4	0,47
Turbidez total	328	115,28
Turbidez permanente	162,98	93,30
Turbidez fria	165,02	45,97
Solidos suspendidos	564	132,62

El ensayo de sólidos suspendidos tuvo un promedio de 564 mg/L presentando la mayor desviación estándar de 132,62.

El ensayo de etanol tuvo un promedio de 4 %v/v a 20°C cumpliendo con el requisito de la norma NTC 3854 y con menor dispersión (0,47) en los datos.

En la tabla 43 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos, entregados por el laboratorio *Acqua Laboratorio S.A.S.*, comparados con la misma norma NTC 3854, bebidas alcohólicas incluyendo la cerveza.

**Tabla 43. Informe de pruebas microbiológicas lotes con filtro de tela.**

FILTRO DE TELA							
INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO			LOTE # 1	LOTE # 2	LOTE # 3	NTC 3854	
ANÁLISIS	METODO	UNIDADES	RESULTADOS			MIN	MAX
Recuento mohos	Siembra en profundidad	UFC/cm <sup>3</sup>	0	0	0	<20 UFC/m <sup>3</sup>	
Recuento levaduras	Siembra en profundidad	UFC/cm <sup>3</sup>	>20	>20	>20	<20 UFC/m <sup>3</sup>	

En los análisis se observa que no había presencia de mohos, mientras que el recuento de levaduras en el momento de la entrega de los resultados se muestra que la cantidad presente fue incontable, superando ampliamente las especificaciones de la norma.

**4.4.2 Resultados con filtro de contenedor de cartuchos.** De los 6 lotes producidos (tres con filtro de tela y tres con contenedor de cartuchos) se realizaron las pruebas fisicoquímicas y microbiológicas a una muestra de 660 ml de cada lote con filtro de contenedor de cartucho, siendo en total tres muestras identificadas con los números 1, 2 y 3.

**Tabla 44. Informe pruebas fisicoquímicas lotes con filtro de contenedor de cartuchos.**

FILTRO DE CARTUCHOS							
INFORME DE ENSAYO FISICOQUÍMICO			LOTE # 1	LOTE # 2	LOTE # 3	NTC 3854	
ANÁLISIS	METODO	UNIDADES	RESULTADOS			MIN	MAX
Etanol (expresado en grados de alcoholimétricos ) a 20°C	GTC 4	% v/v 20°C	2	3	2	2.5	12
Turbidez total	Turbidimetría	NTU	204	139	277	No aplica	
Turbidez permanente	Turbidimetría	NTU	24,79	14,58	31,91	No aplica	
Turbidez fría	Turbidimetría	NTU	179,21	124,42	245,09	No aplica	
Sólidos suspendidos	Gavimetría	mg/L	304	265	303	No aplica	

Para el análisis se realizó el mismo procedimiento que con los datos de la cerveza elaborada con filtro de tela, y también la desviación estándar con el fin de determinar la dispersión de los datos respecto a la media:

**Tabla 45. Promedio resultados pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de contenedor de cartuchos.**

<b>FILTRO DE CARTUCHO</b>		
<b>INFORME DE ENSAYO FISICOQUIMICO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>DESVIACIÓN</b>
Etanol (expresado en grados de alcoholimetricos ) a 20°C	2	0,47
Turbidez total	207	56,37
Turbidez permanente	23,76	7,11
Turbidez fria	182,91	49,33
Solidos suspendidos	291	18,15

En la tabla 45 se evidencia un promedio de etanol igual a 2, el cual como se esperaba sería menor por el tiempo de maduración no mayor a 15 días, lo que se espera aumente con la maduración de un periodo de tiempo mínimo de 4 meses. En el ensayo de turbidez total se obtuvo un promedio de 207 NTU presentando la mayor desviación de 56,37.

En la siguiente tabla 46 se presentan los resultados de los análisis microbiológicos, entregados por el laboratorio Acqua Laboratorio S.A.S., comparados con la norma NTC 3854 – bebidas alcohólicas. Cerveza.

**Tabla 46. Informe prueba microbiológica lotes con filtro de contenedor de cartucho.**

<b>FILTRO DE CARTUCHO</b>							
<b>INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO</b>			<b>LOTE # 1</b>	<b>LOTE # 2</b>	<b>LOTE # 3</b>	<b>NTC 3854</b>	
<b>ANÁLISIS</b>	<b>METODO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>RESULTADOS</b>			<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
Recuento mohos	Siembra en profundidad	UFC/g	2	2	1	<20 UFC/m3	
Recuento levaduras	Siembra en profundidad	UFC/g	89	47	97	<20 UFC/m3	

Se observó que los datos obtenidos, el recuento de mohos aumento, pero cumple con la especificación de la norma. En el caso del recuento de las levaduras se evidencio que a pesar de ser valores mayores a los aceptados por la norma, en este caso las unidades formadoras de colonia fueron posibles contabilizarlas, evidenciando una disminución en la cantidad presente de la cerveza frente a los resultados con filtro de tela.

**4.4.3 Comparación entre filtros.** Para poder comprar los datos obtenidos en los análisis de cada lote, se calculó el porcentaje de incremento o remoción para cada uno de los ensayos estudiados, comparando el filtro de tela con el filtro de contenedor de cartucho, como se observa en la tabla 47.

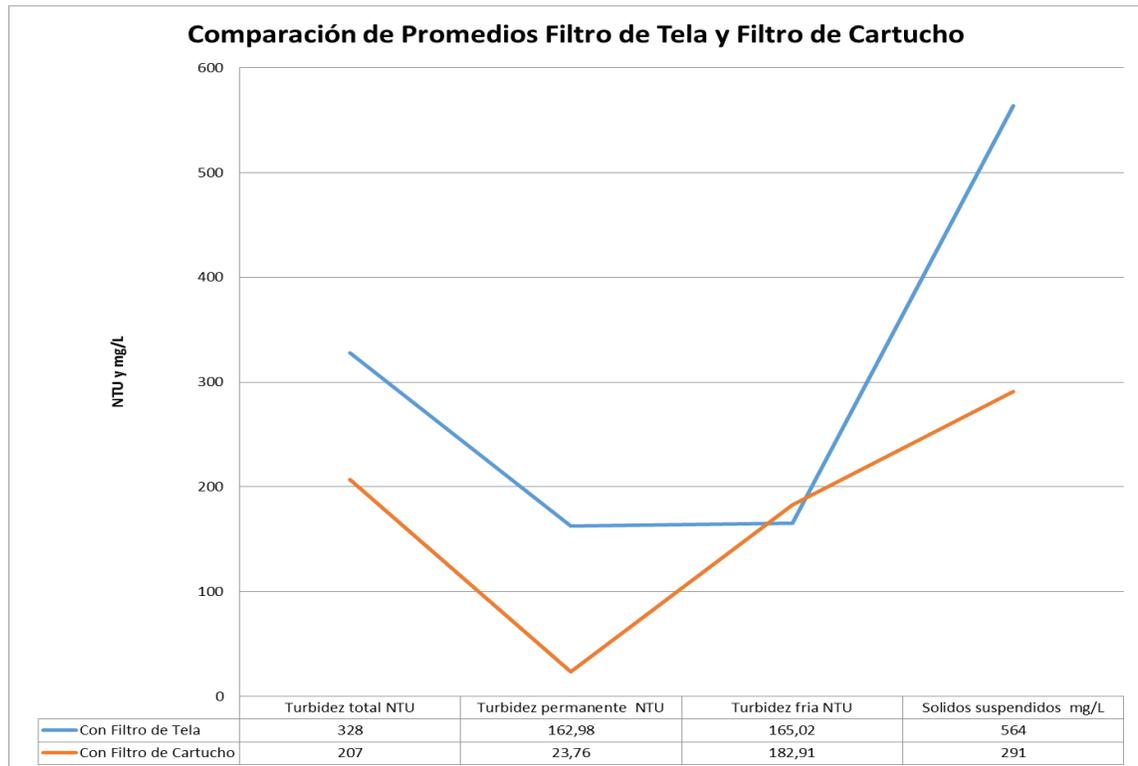
**Tabla 47. Comparación resultados pruebas fisicoquímicas entre lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho.**

INFORME DE ENSAYO FISICOQUIMICO	FILTRO DE TELA	FILTRO DE CARTUCHOS	COMPARACION
	PROMEDIO	PROMEDIO	% DE REMOCION
Etanol (expresado en grados de alcoholimetricos ) a 20°C	4	2	no aplica
Turbidez total	328	207	37%
Turbidez permanente	162,98	23,76	85%
Turbidez fria	165,02	182,91	-11%
Solidos suspendidos	564	291	48%

Se concluye que el filtro de contenedor de cartucho es un dispositivo que genera remociones significativas para los ensayos de turbidez total con un 37%, solidos suspendidos con un 48%, y turbidez permanente con un 85% siendo esta ultima la mayor remoción.

El filtro contenedor de cartucho no influye en la turbidez fría como se observa en la gráfica 6 ya que esta aumenta con el tiempo. Para poder disminuir este tipo de turbidez, se debe disminuir el nivel de proteínas, o disminuir el nivel de taninos.

**Gráfica 6. Comparación de promedios filtro de tela y filtro de cartucho.**



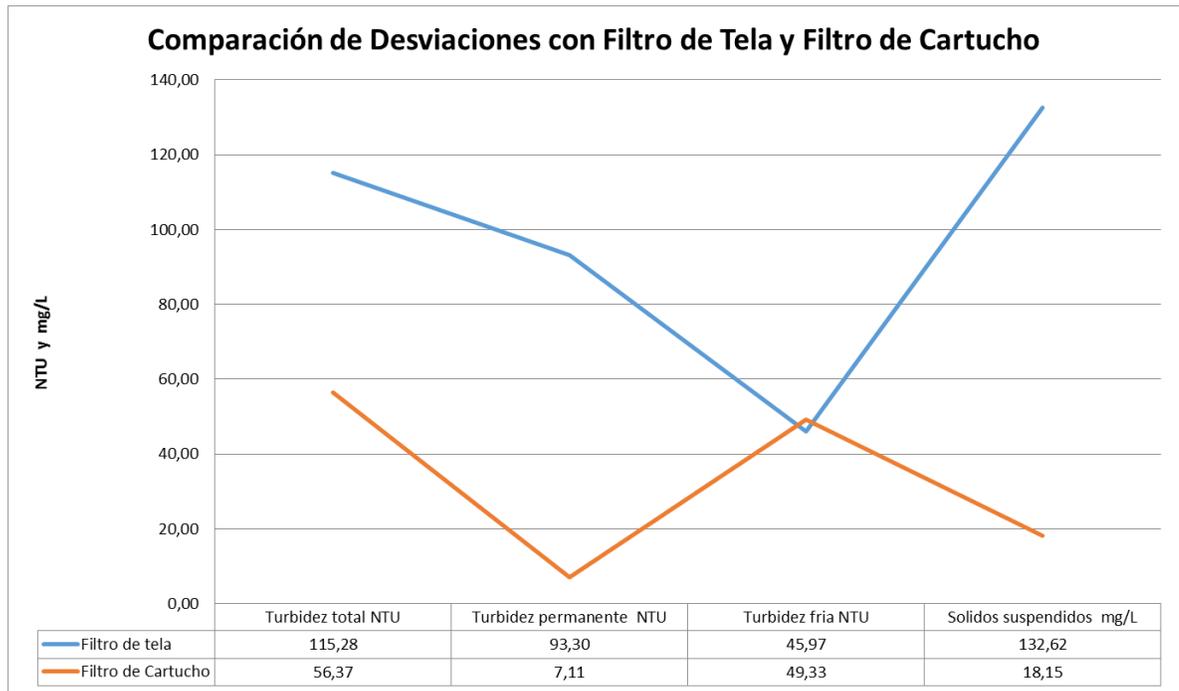
En la tabla 48 se comparan las dispersiones respecto de la media de los resultados con filtro de tela y filtro de contenedor de cartuchos.

**Tabla 48. Desviaciones pruebas fisicoquímicas de lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho.**

INFORME DE ENSAYO FISICOQUIMICO	FILTRO DE TELA	FILTRO DE CARTUCHOS	COMPARACIÓN
	DESVIACIÓN	DESVIACIÓN	
Etanol (expresado en grados de alcoholimetricos ) a 20°C	0	0	IGUAL
Turbidez total	115	56	DISMINUYE
Turbidez permanente	93,30	7,11	DISMINUYE
Turbidez fria	45,97	49,33	AUMENTA
Solidos suspendidos	133	18	DISMINUYE

La comparación de los resultados del filtro de contenedor de cartuchos permite concluir que existe una menor desviación respecto de la media para los ensayos de turbidez total, turbidez permanente y sólidos suspendidos; lo que se traduce en datos más precisos, como se observa en la gráfica 7

**Gráfica 7. Comparación de desviaciones con filtro de tela y filtro de cartucho.**



En la tabla 49 se consolidan los resultados microbiológicos de los lotes con filtro de tela y los lotes con filtro de contenedor de cartucho.

**Tabla 49. Resultados microbiológicos lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho.**

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLOGICO	FILTRO DE TELA			FILTRO DE CARTUCHO			NTC 3854
	LOTE #1	LOTE #2	LOTE #3	LOTE #1	LOTE #2	LOTE #3	
ANALISIS	RESULTADOS			RESULTADOS			ESPECIFICACIONES
Recuento mohos	0	0	0	2	2	1	<20 UFC/m <sup>3</sup>
Recuento levaduras	>20	>20	>20	89	47	97	<20 UFC/m <sup>3</sup>

Analizando los datos obtenidos, se concluye que los filtros no inciden en el conteo de mohos, contrario del recuento de levaduras donde se presenta una disminución significativa al utilizar el filtro de contenedor de cartuchos, a pesar de ser mayor a norma se evidencia que en la implementación la cantidad disminuye hasta tal punto que puede ser una cantidad medible, a diferencia del filtro de tela, en el cual fue imposible especificar un valor.

En la tabla 50 se realizó el promedio de tiempos obtenidos entre lotes

**Tabla 50. Comparación tiempos de producción de lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartuchos.**

OPERACIÓN	FILTRO DE TELA	FILTRO DE CARTUCHOS
	Promedio (min)	Promedio (min)
Pesado y molienda	00:31:00	00:30:00
Satanizado	00:20:20	00:20:00
Calentamiento agua	01:31:20	01:09:40
Paso del agua al Macerador	00:09:20	00:08:00
Maceración y recirculación	01:02:40	01:29:20
Pre cocción (Hervir)	00:51:20	01:06:20
Cocción	01:04:00	01:14:00
Adición 1° lúpulo	00:02:00	00:02:00
Adición 2° lúpulo	00:02:00	00:02:00
Filtración No.1 e intercambio	01:14:20	00:08:40
Fermentación ( 1 SEMANA)	8 días	8 días
Filtración No. 2	00:34:40	00:07:00
Maduración ( 1 SEMANA)	8 días	8 días

Al comparar los tiempos de producción con cada tipo de filtro, se observó una disminución en los tiempos de filtración de un 86% para la filtración previa a la fermentación y un 78% para la filtración previa a la maduración, haciendo notable la mejora en los tiempos de producción.

## 5. ANALISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA IMPLEMENTADA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DE CERVEZA ARTESANAL

Para el análisis de costos se obtuvieron como muestra los seis lotes producidos en la investigación de una mejora del proceso, de los cuales los tres primeros lotes se produjeron con filtro de tela y tres lotes siguientes con filtro de contenedor de cartuchos.

Inicialmente, se hizo un levantamiento de información sobre las materias primas, insumos, servicios públicos y mano de obra utilizados para la producción de los lotes de cerveza; posteriormente, con la información recolectado, se estudiaron los costos de cada lote de manera individual y grupal por tipo de filtro; una vez se tuvo la información de los costos, se contrastaron los resultados obtenidos en los lotes de cerveza producidos con filtro de tela con los lotes de cerveza que usaron el filtro de contenedor de cartuchos; posteriormente, para tener una percepción más realista sobre la producción a una escala industrial, se realizó una estimación de la producción de cerveza con cada tipo de filtro, teniendo en cuenta la capacidad real que tiene la infraestructura de la empresa Green Hops para analizar el retorno de lo invertido en el proyecto de mejoramiento del proceso, es decir, la inversión en el filtro de contenedor de cartuchos.

### 5.1 INVERSIÓN DEL PROYECTO

En el proyecto se evaluó la inversión necesaria para la implementación de la nueva alternativa que mejore la producción de cerveza artesanal en la empresa Green Hops, es decir, el filtro de contenedor de cartuchos. Se evaluó el valor de la inversión contrastada con una proyección de ventas correspondiente a la capacidad real de la empresa, y se encontró en cuanto tiempo aproximadamente se recuperará la inversión realizada.

La inversión que se realizó en el cambio del filtro de tela por el de contenedor de cartuchos se muestra en la tabla 51, en la cual se especifica la cantidad y el valor unitario de cada producto adquirido.

**Tabla 51. Especificaciones de la inversión.**

<b>INVERSION</b>			
<b>PRODUCTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
Conectores plásticos de 1/2 " x 1/2 "	4	\$ 8.500	\$ 34.000
Carcaza Filtro	1	\$ 90.000	\$ 90.000
Filtro de sedimentos de 1 micra	1	\$ 35.000	\$ 35.000
Contenedores de polydepth	2	\$ 20.700	\$ 41.400
<b>TOTAL INVERSION</b>			<b>\$ 200.400</b>

La vida útil de la inversión que se realizó, ronda aproximadamente la producción de 130 litros de cerveza, después de la utilización del filtro en los 130 litros no es necesario realizar una inversión por el mismo valor, como ventaja de la alternativa seleccionada, únicamente se deberá invertir en los contenedores de polydepth, que son aquellos en donde quedan atrapadas las impurezas indeseadas de la cerveza.

Para determinar el efecto de la inversión en la producción de cerveza artesanal en la empresa Green Hops, se realizó un supuesto de producción con la información de capacidad real de producción, como se observa en la tabla 52.

La capacidad real de la empresa, está dada por el número de tanques fermentadores y el número de lotes a producir en un mes.

Actualmente, la empresa cuenta con dos tanques de 30 litros y un tanque de 50 Litros que equivalen a 110Litros y la cantidad de lotes de 110 Litros (30-30-50) que se pueden fabricar al mes son 2 ya que cada 15 días finaliza el proceso de fermentación y se pasa a la etapa de embotellamiento, para un total de 220 Litros de cerveza.

Los 220 litros son teóricos utilizando los resultados del balance de masa que nos indica que el rendimiento es del 56% el cálculo de botellas es el siguiente:

$$220 \text{ Litro} * 3 \text{ Botellas/Litro} * 0,56 = 370 \text{ Botellas}$$

Como se observa en la tabla 52 se plantean unos supuestos de cantidades de materia prima, insumos, servicios públicos y mano de obra, el resultado de \$2.235,87 corresponde al costo de producción por unidad de cerveza, con una eficiencia conforme al balance de masa ya realizado anteriormente del 56 %.

**Tabla 52. Supuesto de producción con capacidad real de Green Hops.**

CAPACIDAD PRODUCCIÓN REAL MENSUAL - 370 UNIDADES				FECHA		22/04/2017	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA	
Malta	73,33	K	\$ 4.000,00	\$ 293.333,33	370	\$ 793,65	
Agua	220,00	Lt	\$ 2,40	\$ 528,00		\$ 1,43	
Lupulo	202,00	Gr	\$ 200,00	\$ 40.400,00		\$ 109,31	
Levadura	11,50	Gr	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 44,91	
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 350.861,33</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 949,30</b>	
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA	
Irish Mosh	15,00	Gr	\$ 80,00	\$ 1.200,00	370	\$ 3,25	
Envase	370	Botella	\$ 530,00	\$ 195.888,00		\$ 530,00	
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 197.088,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 533,25</b>	
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA	
Gas	5,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 4.290,00	370	\$ 11,61	
Agua	20,00	Lt	\$ 2,00	\$ 40,00		\$ 0,11	
Luz	5,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 20.500,00		\$ 55,47	
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 24.830,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 67,18</b>	
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA	
Operario 1	12,68	Hora	\$ 10.000	\$ 126.800,00	370	\$ 343,07	
Operario 2	12,68	Hora	\$ 10.000	\$ 126.800,00		\$ 343,07	
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 253.600,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 686,15</b>	
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 826.379,33</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 2.235,87</b>	

Para el análisis del retorno de la inversión se realizó una proyección de ventas a un año con un crecimiento de ventas del 30%, información tomada del diario La República del mes de marzo de 2017, donde, según estadísticas, esta es la cifra de crecimiento que viene presentando el mercado de cerveza artesanal en Colombia.

La proyección de ventas se inició con una cantidad estimada baja, la cual se proyecta con un incremento correspondiente al mercado nacional, se espera que la empresa Green Hops tenga un crecimiento según las estadísticas consultadas, alcanzando en el mes 6, el nivel máximo de ventas igual a 370 botellas, equivalentes a la capacidad real de la empresa (por esta razón las ventas del mes 6 al mes 12 son todas de 370 unidades). De igual forma, en esta proyección de ventas no se están teniendo en cuenta los gastos porque este análisis se limita a analizar el retorno de la inversión específica del filtro de contenedor de cartucho. En la tabla 37 se observa la proyección de ventas y flujo de caja con el cual se realizó el análisis del retorno de la inversión.

**Tabla 53. Proyección de ventas de Cerveza Artesanal**

	INGRESOS			COSTOS		UTILIDAD BRUTA	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS	UTILIDAD NETA	RENTABILIDAD 20% ANUAL
	VALOR UNIDAD	UNIDADES VENDIDAS	TOTAL VENTAS	COSTO UNIDAD	TOTAL COSTOS				
MES 1	\$ 4.000	90	\$ 360.000	\$ 2.235,87	\$ 201.228,73	\$ 158.771,27	\$ 158.771,27	\$ 158.771,27	\$ 31.754,25
MES 2	\$ 4.000	117	\$ 468.000	\$ 2.235,87	\$ 261.597,35	\$ 206.402,65	\$ 206.402,65	\$ 206.402,65	\$ 41.280,53
MES 3	\$ 4.000	152	\$ 608.400	\$ 2.235,87	\$ 340.076,56	\$ 268.323,44	\$ 268.323,44	\$ 268.323,44	\$ 53.664,69
MES 4	\$ 4.000	198	\$ 790.920	\$ 2.235,87	\$ 442.099,53	\$ 348.820,47	\$ 348.820,47	\$ 348.820,47	\$ 69.764,09
MES 5	\$ 4.000	257	\$ 1.028.196	\$ 2.235,87	\$ 574.729,39	\$ 453.466,61	\$ 453.466,61	\$ 453.466,61	\$ 90.693,32
MES 6	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
MES 7	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
MES 8	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
MES 9	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
MES 10	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
MES 11	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
MES 12	\$ 4.000	370	\$ 1.480.000	\$ 2.235,87	\$ 827.273,68	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 652.726,32	\$ 130.545,26
Venta anual		3403,879	\$ 13.615.516		\$ 7.610.647,35	\$ 6.004.868,65	\$ 6.004.868,65	\$ 6.004.868,65	\$ 1.200.973,73

En conclusión, Con una rentabilidad del 20% anual la inversión se recupera al sexto mes y adicionalmente se obtendrán utilidades y ganancias por la implementación del cambio del filtro en el proceso productivo de la empresa Green Hops.

De acuerdo a la información suministrada en la Tabla 53, se calculó mediante una hoja de cálculo y la función TIR, la tasa interna de retorno del proyecto, el cual tuvo un resultado del 32%, el cual representa la rentabilidad de los flujos generados posteriormente a la inversión.

Comparando el resultado obtenido en el cálculo de la tasa interna de retorno con la tasa interna de oportunidad, se concluye que al obtener un porcentaje mayor de retorno, el proyecto de la implementación del nuevo filtro es rentable para la empresa.

## 5.2 COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para el análisis de costos como tal, es importante tener claros los conceptos de inversión, gasto de la operación y los costos de producción. Para el caso de la cerveza artesanal, los costos son todos aquellos rubros que están directamente relacionados y necesarios para la producción de la cerveza como las materias primas e insumos.

Teniendo en cuenta lo anterior, los costos identificados en el proceso de producción de cerveza artesanal de la empresa Green Hops fueron clasificados en cuatro grupos:

- Materias primas. Son cuatro las materias primas principales para la producción de cerveza: malta, agua, lúpulo y levadura.

- Insumos. Los insumos, a diferencia de la materia prima, son productos utilizados para mejorar o complementar partes del proceso productivo. En este caso fueron Iris Moss y el envase de la cerveza.
- Servicios públicos. Son servicios necesarios para llevar a cabo la producción de la cerveza: agua, luz y gas. Es importante aclarar que el agua se encuentra también como servicio público porque, aparte de utilizarse como materia prima principal de la cerveza, se usa para procesos complementarios de la producción como en la limpieza de los equipos y como fluido de servicio en el intercambiador de calor.
- Mano de obra. Finalmente, la mano de obra es uno de los elementos más importantes en la producción de cerveza artesanal, pues como su nombre lo dice, la intervención de los operarios es fundamental para que el producto final sea el deseado.

**5.2.1 Costos por lote individual.** Aunque se podría analizar de manera grupal, se consideró relevante hacer el estudio de cada lote producido de manera individual, porque se evidenció variaciones importantes en la eficiencia de las diferentes etapas productivas, y esto a su vez puede cambiar el costo de producción final de cada lote y de cada cerveza.

Para efectos del análisis de costos, se denominarán los lotes número 1, 2 y 3 a aquellos que utilizaron en su proceso productivo el filtro de tela, y aquellos que utilizaron filtro de contenedor de cartucho serán los lotes 4, 5, y 6. De igual forma, para un análisis más preciso la unidad de medida de análisis será el costo por botella de cerveza producida.

En la tabla 54 se ve la estructura de costos para el lote de producción No. 1 con filtro de tela. En este primer lote se produjeron 42 botellas de cerveza de 330 ml, siendo el costo unitario de cada una de \$5.325,71. Es importante aclarar que el costo por cerveza de este, y los demás lotes de la muestra, es alto debido a la mano de obra, y esto a su vez se explica por una razón fundamental: economías de escala<sup>83</sup>. Al ser una producción pequeña, el costo de la mano de obra (que es el más alto en todos los lotes) se distribuirá en las pocas unidades producidas, haciendo que el costo de mano de obra por botella sea considerablemente alto. Este costo disminuirá a medida que la producción aumente, pues con el mismo personal se puede alcanzar una producción mucho mayor – aproximadamente de 500 litros de cerveza para la capacidad esperada de la empresa Green Hops. Es por esta razón, que, al momento de analizar y comparar los costos de los 6 lotes producidos,

---

<sup>83</sup> Una economía de escala es “el poder que tiene una empresa cuando alcanza un nivel óptimo de producción para ir produciendo más a menos coste, es decir, a medida que la producción de una empresa crece, sus costes por unidad producida se reducen. Cuanto más produce, menos le cuesta producir cada unidad.” (ANDRADE)

la mano de obra no será tenida en cuenta en términos monetarios sino en términos de tiempo empleado por los operarios durante cada una de las etapas del proceso de producción.

**Tabla 54. Costos lote 1 con filtro de tela.**

LOTE No. 1 (con filtro de tela)				FECHA		27/11/2016	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA	
Malta	7.000,00	g	\$ 4,00	\$ 28.000,00	42	\$ 666,67	
Agua	20,00	Lt	\$ 2,40	\$ 48,00		\$ 1,14	
Lúpulo	25,00	g	\$ 200,00	\$ 5.000,00		\$ 119,05	
Levadura	11,50	g	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 395,24	
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 49.648,00</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.182,10</b>	
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA	
Irish Mosh	15,00	g	\$ 80,00	\$ 1.200,00	42	\$ 28,57	
Envase	42,00	Botella	\$ 530,00	\$ 22.260,00		\$ 530,00	
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 23.460,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 558,57</b>	
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA	
Gas	1,00	m3	\$ 858,00	\$ 858,00	42	\$ 20,43	
Agua	7,00	Lt	\$ 2,00	\$ 14,00		\$ 0,33	
Luz	1,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 4.100,00		\$ 97,62	
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 4.972,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 118,38</b>	
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA	
Operario 1	7,28	Hora	\$ 10.000,00	\$ 72.800,00	42	\$ 1.733,33	
Operario 2	7,28	Hora	\$ 10.000,00	\$ 72.800,00		\$ 1.733,33	
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 145.600,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 3.466,67</b>	
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 223.680,00</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 5.325,71</b>	

Para el lote No. 2 (Tabla 55) se observa una variación en las cantidades de cerveza producida (52 botellas para el lote dos, aumentando 10 botellas respecto al lote No. 1), lo cual se puede explicar principalmente porque se usó más materia prima en este segundo lote, aumento en cantidades de agua, malta y lúpulo. Por lo anterior, y teniendo en cuenta lo mencionado respecto a las economías de escala, el costo por cerveza en este segundo lote disminuyó a \$4.711,50. Sin embargo, se observa que los rubros de costo por materia prima, insumos y servicios públicos se mantienen relativamente similares.

**Tabla 55. Costos lote 2 con filtro de tela.**

LOTE No. 2 (con filtro de tela)				FECHA	20/12/2016	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	9.100,00	Gr	\$ 4,00	\$ 36.400,00	52	\$ 700,00
Agua	30,00	Lt	\$ 2,40	\$ 72,00		\$ 1,38
Lupulo	45,00	Gr	\$ 200,00	\$ 9.000,00		\$ 173,08
Levadura	11,50	Gr	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 319,23
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 62.072,00</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.193,69</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	15,00	Gr	\$ 80,00	\$ 1.200,00	52	\$ 23,08
Envase	52,00	Botella	\$ 530,00	\$ 27.560,00		\$ 530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 28.760,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 553,08</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	1,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 858,00	52	\$ 16,50
Agua	4,00	Lt	\$ 2,00	\$ 8,00		\$ 0,15
Luz	1,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 4.100,00		\$ 78,85
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 4.966,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 95,50</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	7,46	Hora	\$ 10.000,00	\$ 74.600,00	52	\$ 1.434,62
Operario 2	7,46	Hora	\$ 10.000,00	\$ 74.600,00		\$ 1.434,62
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 149.200,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 2.869,23</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 244.998,00</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 4.711,50</b>

En el tercer lote (Tabla 56) se utilizaron las mismas cantidades de insumos que en el lote No. 2, razón por la cual las cervezas producidas fueron similares: 53 botellas para el lote No. 3. Sin embargo, el proceso productivo llevado a cabo en el tercer lote fue más eficiente porque se produjo una unidad más, lo que se ve reflejado principalmente en la perspicacia de los operarios en el proceso; mientras que en el lote No. 2 se tardaron 7,46 horas, en el lote No. 3 el tiempo total empleado en la producción fue de 7,23 horas, para obtener un costo unitario por cerveza de \$4.545,92.

**Tabla 56. Costos lote 3 con filtro de tela.**

LOTE No. 3 (con filtro de tela)				FECHA	05/02/2017	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	9.100,00	Gr	\$ 4,00	\$ 36.400,00	53	\$ 686,79
Agua	30,00	Lt	\$ 2,40	\$ 72,00		\$ 1,36
Lupulo	45,00	Gr	\$ 200,00	\$ 9.000,00		\$ 169,81
Levadura	11,50	Gr	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 313,21
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 62.072,00</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.171,17</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	15,00	Gr	\$ 80,00	\$ 1.200,00	53	\$ 22,64
Envase	53,00	Botella	\$ 530,00	\$ 28.090,00		\$ 530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 29.290,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 552,64</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	1,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 858,00	53	\$ 16,19
Agua	7,00	Lt	\$ 2,00	\$ 14,00		\$ 0,26
Luz	1,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 4.100,00		\$ 77,36
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 4.972,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 93,81</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	7,23	Hora	\$ 10.000,00	\$ 72.300,00	53	\$ 1.364,15
Operario 2	7,23	Hora	\$ 10.000,00	\$ 72.300,00		\$ 1.364,15
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 144.600,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 2.728,30</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 240.934,00</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 4.545,92</b>

Posteriormente se observaron los resultados obtenidos en los lotes de cervezas en los cuales se usó el filtro de contenedor de cartucho. En el lote No. 4 (tabla 57) se utilizaron cantidades de materia prima iguales a las empleadas en el lote No. 1; en este caso, se produjo un total de 38 cervezas, a un costo de \$5.251,42 cada una, evidenciando una menor cantidad de botellas producidas, pero mostrando una mejora sustancial en el tiempo de producción, el tiempo de producción fue de 6,18 horas, haciendo que el costo unitario sea menor que en caso del lote No. 1.

Debido a que se realizó el cambio del funcionamiento del filtro por fuerza de la gravedad a implementar el uso de una bomba que permitiera forzar el flujo del sistema hasta llegar al tanque de fermentación.

**Tabla 57. Costos lote 4 con filtro de contenedor de cartucho.**

LOTE No. 4 (con filtro de contenedor de cartucho)				FECHA	22/04/2017	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	7.000,00	Gr	\$ 4,00	\$ 28.000,00	38	\$ 736,84
Agua	20,00	Lt	\$ 2,40	\$ 48,00		\$ 1,26
Lupulo	25,00	Gr	\$ 200,00	\$ 5.000,00		\$ 131,58
Levadura	11,50	Gr	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 436,84
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 49.648,00</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.306,53</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	15,00	Gr	\$ 80,00	\$ 1.200,00	38	\$ 31,58
Envase	38,00	Botella	\$ 530,00	\$ 20.140,00		\$ 530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 21.340,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 561,58</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	1,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 858,00	38	\$ 22,58
Agua	4,00	Lt	\$ 2,00	\$ 8,00		\$ 0,21
Luz	1,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 4.100,00		\$ 107,89
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 4.966,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 130,68</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	6,18	Hora	\$ 10.000	\$ 61.800,00	38	\$ 1.626,32
Operario 2	6,18	Hora	\$ 10.000	\$ 61.800,00		\$ 1.626,32
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 123.600,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 3.252,63</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 199.554,00</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 5.251,42</b>

En el caso del lote No. 5 (tabla 58), de iguales cantidades de materia prima que el lote No. 4, existe una mejora en la eficiencia del proceso en términos de cantidades producidas, pues se produjeron 6 unidades más de cerveza, al igual que en tiempo de mano de obra (6,12 horas fueron empleadas en el lote No. 5), haciendo que el costo unitario fuera de \$4.578,50, menor que en el lote No. 1 y 4.

**Tabla 58. Costos lote 5 con contenedor de cartucho.**

LOTE No. 5 (con filtro de contenedor de cartucho)				FECHA	23/04/2017	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	7.000,00	Gr	\$ 4,00	\$ 28.000,00	44	\$ 636,36
Agua	20,00	Lt	\$ 2,40	\$ 48,00		\$ 1,09
Lupulo	25,00	Gr	\$ 200,00	\$ 5.000,00		\$ 113,64
Levadura	11,50	Gr	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 377,27
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 49.648,00</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.128,36</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	15,00	Gr	\$ 80,00	\$ 1.200,00	44	\$ 27,27
Envase	44,00	Botella	\$ 530,00	\$ 23.320,00		\$ 530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 24.520,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 557,27</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	1,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 858,00	44	\$ 19,50
Agua	4,00	Lt	\$ 2,00	\$ 8,00		\$ 0,18
Luz	1,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 4.100,00		\$ 93,18
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 4.966,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 112,86</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	6,12	Hora	\$ 10.000,00	\$ 61.160,00	44	\$ 1.390,00
Operario 2	6,12	Hora	\$ 10.000,00	\$ 61.160,00		\$ 1.390,00
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 122.320,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 2.780,00</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 201.454,00</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 4.578,50</b>

Finalmente, en el caso del lote No. 6 (tabla 59), en donde se utilizaron iguales cantidades de insumos que en los lotes No. 2 y 3, se observa una leve disminución de eficiencia en términos de unidades producidas, en este caso se produjeron 50 unidades versus 52 y 53 de los lotes No. 2 y 3 respectivamente, pero sigue marcando la diferencia en el costo final del producto el tiempo de producción, el cual fue de 6,72 horas para el lote No. 6; el costo por unidad en este lote fue de \$4.581,16 por cerveza.

**Tabla 59. Costos lote 6 con filtro de contenedor de cartuchos.**

LOTE No. 6 (con filtro de contenedor de cartucho)				FECHA	24/04/2017	
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	9.100,00	Gr	\$ 4,00	\$ 36.400,00	50	\$ 728,00
Agua	30,00	Lt	\$ 2,40	\$ 72,00		\$ 1,44
Lupulo	45,00	Gr	\$ 200,00	\$ 9.000,00		\$ 180,00
Levadura	11,50	Gr	\$ 1.443,48	\$ 16.600,00		\$ 332,00
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 62.072,00</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.241,44</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	15,00	Gr	80,00	1.200,00	50	24,00
Envase	50,00	Botella	530,00	26.500,00		530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>27.700,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>554,00</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	1,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 858,00	50	\$ 17,16
Agua	4,00	Lt	\$ 2,00	\$ 8,00		\$ 0,16
Luz	1,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 4.100,00		\$ 82,00
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 4.966,00</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 99,32</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	6,72	Hora	10.000,00	67.160,00	50	1.343,20
Operario 2	6,72	Hora	10.000,00	67.160,00		1.343,20
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>134.320,00</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>2.686,40</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>229.058,00</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>4.581,16</b>

**5.2.2 Comparación lotes por tipo de filtro.** Luego de analizar cada lote individualmente, se compararon los lotes por grupo, los fabricados con filtro de tela y los de filtro con contenedor de cartuchos, para poder encontrar los puntos de referencia y diferencias significativas.

Se promedió la información de los tres lotes producidos con filtro de tela y los tres lotes producidos con el filtro de contenedor de cartuchos, obteniendo la información de la tabla 60.

Teniendo en cuenta la información de la tabla 60, se afirma que es más rentable producir cerveza artesanal utilizando el filtro de contenedor de cartuchos, ya que el costo se reduce en un 1.8%, equivalente a \$91,31, respecto a la producción con filtro de tela.

**Tabla 60. Comparación costo unitario filtro de tela/filtro contenedor de cartuchos**

		<b>FILTRO DE TELA</b>	<b>FILTRO CONTENEDOR DE CARTUCHOS</b>
<b>MATERIA PRIMA</b>			
	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>
Malta	gr	\$ 730,20	\$ 724,40
Agua	Lt	\$ 1,79	\$ 1,63
Lúpulo	gr	\$ 179,38	\$ 155,07
Levadura	gr	\$ 342,56	\$ 382,04
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.253,93</b>	<b>\$ 1.263,14</b>
<b>INSUMO</b>			
	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>
Iris Moss	gr	\$ 24,76	\$ 27,62
Envase	Botella	\$ 530,00	\$ 530,00
Total Insumo		\$ 554,76	\$ 557,62
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 1.808,70</b>	<b>\$ 1.820,76</b>
<b>SERVICIOS PUBLICOS</b>			
	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>
Gas	m3	\$ 17,71	\$ 19,75
Agua	Lt	\$ 0,29	\$ 0,18
Luz	Kw	\$ 84,61	\$ 94,36
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 102,60</b>	<b>\$ 114,29</b>
<b>MANO DE OBRA</b>			
	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>	<b>COSTO POR UNIDAD</b>
Operario 1	Hora	\$ 1.510,70	\$ 1.453,17
Operario 2	Hora	\$ 1.510,70	\$ 1.453,17
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 3.021,40</b>	<b>\$ 2.906,34</b>
<b>TOTAL COSTO CERVEZA</b>		<b>\$ 4.932,70</b>	<b>\$ 4.841,39</b>
<b>TOTAL TIEMPO PRODUCCION CERVEZA</b>		<b>7,32 Horas</b>	<b>6,34 Horas</b>

La reducción en el costo entre los lotes con filtro de tela y filtro de contenedor de cartucho se debe principalmente a un suceso: la reducción en el tiempo de producción, que pasa de 7,32 horas en promedio a 6,34 horas – aproximadamente una hora menos en el proceso de producción de cerveza artesanal que equivale a una reducción del 13.38%. Aunque el costo de materia prima e insumos aumenta levemente para el promedio de los lotes 4, 5 y 6, la disminución del tiempo de producción tiene un peso mayor en el costo final de cada unidad de cerveza, pues el costo de mano de obra disminuyó en un 3,8% (pasando de \$3.021,40 a \$2.906,34), haciendo que el costo final de cerveza sea de \$4.841,39 por cada unidad.

A su vez, la reducción en el tiempo de producción se debe principalmente a la eficiencia que significa la utilización del filtro de contenedor de cartucho. Esto se

puede evidenciar en la disminución en los tiempos de filtración para los lotes 4, 5 y 6 respecto al tiempo empleado en los lotes 1, 2 y 3. Para los lotes 1, 2 y 3 los tiempos de la primera filtración fueron 72, 77 y 74 minutos respectivamente, y para la segunda filtración fueron 35, 36 y 33 minutos. En contraste, los tiempos de la primera y segunda filtración para los lotes 4, 5 y 6 fueron respectivamente 8, 8 y 10 minutos, y 7, 5, y 9 minutos. Es evidente la disminución en los tiempos de filtración por la utilización del filtro de contenedor de cartucho, pues, en promedio, los tiempos disminuyeron en un 89% aproximadamente para la primera filtración (en promedio pasó de 74 minutos en promedio a 8 minutos en promedio), y en un 79% para la segunda filtración (pasando de 34 minutos en promedio a 7 minutos en promedio)

### **5.3 ANÁLISIS DE COSTOS EN PRODUCCIÓN ESTIMADA A NIVEL INDUSTRIAL**

Por último, con el objetivo de tener una estimación más realista respecto a los beneficios del filtro de contenedor de cartuchos en los lotes de muestra realizados, se realizaron supuestos de producción para 500 litros siendo esta la capacidad del tanque fermentador en la empresa Green Hops por mes de cerveza en donde se aplicaron los tiempos de mano de obra encontrados en los seis lotes que se produjeron de muestra.

La información que se utilizó para hacer la estimación de producción fue la siguiente:

- La empresa Green Hops tiene infraestructura para producción de 500 litros de cerveza, que es la cantidad de cerveza a la que aspira a producir.
- De la infraestructura anterior, una de las partes más importantes son los tanques de fermentación y el sistema de recirculación de agua para enfriar el producto, los cuales tendrán una significancia en la reducción del agua utilizada en la producción de la cerveza artesanal.
- En el proceso de filtración con filtro de tela, la cantidad de agua es mayor a la cantidad de agua utilizada en el filtro de contenedor de cartuchos (en una relación de 3 litros más por cada 7000 gramos de malta) ya que, debido a la cantidad de filtros de tela utilizados, se necesitará lavar más dichos filtros lo que genera más utilización de agua en limpieza.
- De igual forma, en el caso de la producción de cerveza con filtro de tela se estimó que para llevar a cabo el proceso productivo se requerirá de cinco operarios porque al ser la cantidad de cerveza producida mucho mayor (se pasa de producir 20-30 litros a 500 litros), la distribución de operarios tendría que ser de tres operarios dedicados al proceso productivo como tal, y dos

operarios destinados al lavado de los filtros de tela, para poder alcanzar los resultados esperados en esta etapa.

- Para la elaboración de 500 L de cerveza artesanal tipo Ale roja en la empresa Green Hops, con el proceso de filtración mediante la utilización del filtro de contenedor de cartuchos, se requiere de dos operarios, el maestro cervecero (ing. Químico y el auxiliar de planta), ya que el proceso es mecánico y por baches.
- Se realizará una estimación de producción con filtro de tela y con filtro de contenedor de cartuchos, utilizando cantidad de materia prima, insumos, y servicios necesarios según el caso, y variando únicamente el tiempo de mano de obra, en donde se utilizará el promedio de tiempo utilizado en los lotes 1, 2 y 3 y 4, 5 y 6.

En la tabla 61 se observan los resultados obtenidos para el supuesto de producción con filtro de tela, donde se evidencia las economías de escala.

En este caso, la mano de obra se redujo sustancialmente respecto de los seis lotes de muestra. Para el caso de la producción de 500 litros de cerveza utilizando filtro de tela el costo unitario fue de \$1.536,88.

**Tabla 61. Costos del supuesto de producción con filtro de tela.**

SUPUESTO PRODUCCIÓN 500 LTS CERVEZA (con filtro de tela)						
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	166.000,00	Gr	\$ 4,00	\$ 664.000,00	1515	\$ 438,28
Agua	619,00	Lt	\$ 2,00	\$ 1.238,00		\$ 0,82
Lupulo	950,00	Gr	\$ 200,00	\$ 190.000,00		\$ 125,41
Levadura	172,50	Gr	\$ 1.443,00	\$ 248.917,50		\$ 164,30
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 1.104.155,50</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 728,82</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	66,00	Gr	\$ 80,00	\$ 5.280,00	1515	\$ 3,49
Envase	1.515,00	Botella	\$ 530,00	\$ 802.950,00		\$ 530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 808.230,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 533,49</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	10,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 8.580,00	1515	\$ 5,66
Agua	118,17	Lt	\$ 2,00	\$ 236,35		\$ 0,16
Luz	10,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 41.000,00		\$ 27,06
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 49.816,35</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 32,88</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	7,32	Hora	\$ 10.000,00	\$ 73.233,33	1515	\$ 48,34
Operario 2	7,32	Hora	\$ 10.000,00	\$ 73.233,33		\$ 48,34
Operario 3	7,32	Hora	\$ 10.000,00	\$ 73.233,33		\$ 48,34
Operario 4	7,32	Hora	\$ 10.000,00	\$ 73.233,33		\$ 48,34
Operario 5	7,32	Hora	\$ 10.000,00	\$ 73.233,33		\$ 48,34
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 366.166,67</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 241,69</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 2.328.368,51</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.536,88</b>

Por otro lado, en el supuesto de producción de 500 litros de cerveza utilizando el filtro de contenedor de cartucho, el costo total por cerveza es de \$1.378,69 (Tabla 62).

**Tabla 62. Costos del supuesto de producción con filtro de contenedor de cartucho.**

SUPUESTO PRODUCCIÓN 500 LTS CERVEZA (con filtro de contenedor de cartucho)						
MATERIA PRIMA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MATERIA PRIMA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MATERIA PRIMA X CERVEZA
Malta	166.000,00	Gr	\$ 4,00	\$ 664.000,00	1515	\$ 438,28
Agua	550,00	Lt	\$ 2,00	\$ 1.100,00		\$ 0,73
Lúpulo	950,00	Gr	\$ 200,00	\$ 190.000,00		\$ 125,41
Levadura	172,50	Gr	\$ 1.443,00	\$ 248.917,50		\$ 164,30
			<b>TOTAL MATERIA PRIMA X LOTE</b>	<b>\$ 1.104.017,50</b>	<b>TOTAL MATERIA PRIMA X CERVEZA</b>	<b>\$ 728,72</b>
INSUMO	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR INSUMO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO INSUMO X CERVEZA
Irish Mosh	66,00	Gr	\$ 80,00	\$ 5.280,00	1515	\$ 3,49
Envase	1.515,00	Botella	\$ 530,00	\$ 802.950,00		\$ 530,00
			<b>TOTAL INSUMOS X LOTE</b>	<b>\$ 808.230,00</b>	<b>TOTAL INSUMO X CERVEZA</b>	<b>\$ 533,49</b>
SERVICIOS PUBLICOS	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR SERVICIO	CERVEZAS POR LOTE	COSTO SERVICIOS X CERVEZA
Gas	10,00	Mts3	\$ 858,00	\$ 8.580,00	1515	\$ 5,66
Agua	73,33	Lt	\$ 2,00	\$ 146,67		\$ 0,10
Luz	10,00	Kw	\$ 4.100,00	\$ 41.000,00		\$ 27,06
			<b>TOTAL SERVICIOS X LOTE</b>	<b>\$ 49.726,67</b>	<b>TOTAL SERVICIOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 32,82</b>
MANO DE OBRA	CANT UTILIZADA EN EL LOTE	Unidad	COSTO x unidad de medida	COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA	CERVEZAS POR LOTE	COSTO MANO DE OBRA X CERVEZA
Operario 1	6,34	Hora	\$ 10.000,00	\$ 63.373,33	1515	\$ 41,83
Operario 2	6,34	Hora	\$ 10.000,00	\$ 63.373,33		\$ 41,83
			<b>TOTAL MANO DE OBRA X LOTE</b>	<b>\$ 126.746,67</b>	<b>TOTAL MANO DE OBRA X CERVEZA</b>	<b>\$ 83,66</b>
			<b>TOTAL COSTO X LOTE</b>	<b>\$ 2.088.720,83</b>	<b>TOTAL COSTOS X CERVEZA</b>	<b>\$ 1.378,69</b>

Como se puede observar, la utilización del filtro de contenedor de cartucho implica una reducción en el tiempo empleado en el proceso de producción de cerveza artesanal, como quedó demostrado en los seis lotes de muestra, lo que genera a su vez una reducción en el costo total unitario para una producción de 500 litros de cerveza; la reducción en términos de tiempo es de un 13,38%, lo cual se ve reflejado en la disminución del costo, siendo de \$1.378,69 por cerveza para el proceso que utilizó el filtro de contenedor de cartucho, frente a \$1.536,88 por cerveza para el proceso que empleó el filtro de tela – disminución de 10,29% en el costo unitario de producción.

## 6. CONCLUSIONES

- Se analizaron los datos reales de la empresa Green Hops, se investigaron las posibles alternativas que mejorarían los tiempos, las características del producto final y la rentabilidad, por tal motivo se realizó un diagnóstico del proceso actual de la empresa, en el cual se determinó la operación unitaria con mayor incidencia mediante una matriz PUGH y una toma de tiempos. Gracias a lo anterior se determinó que la etapa de filtración se convierte en la más crítica, ya que altera las características fisicoquímicas y organolépticas del producto final.
- Se hizo un análisis investigativo seleccionando las alternativas más apropiadas desde el punto de vista técnico, mediante la utilización de una matriz PUGH, se evaluaron diferentes tipos de filtros, concluyendo que el filtro de contenedor de cartucho es la mejor opción para la empresa Green Hops, por su costo, reutilización y fácil montaje, ya que no se ve afectada la fermentación en la botella, generando un excelente brillo, aroma, color y sabor a la cerveza artesanal Roja Tipo Ale.
- Se implementó la mejor alternativa, donde se evidenció una mejora en los resultados de los análisis físicos y microbiológicos del producto final, mediante un análisis de laboratorio en la empresa *Acqua Laboratorio S.A.S.* se comparó la calidad del producto final de los lotes producidos con filtro de tela y filtro contenedor de cartucho en términos de turbidez, sólidos suspendidos, cantidad de levaduras y mohos, y grado alcohólico. Los resultados de las pruebas demostraron la mejora en las características del producto final como la turbidez total de 328 NTU a 207 NTU con un 85% de remoción, sólidos suspendidos de 564 mg/L a 261 mg/L, con un porcentaje de remoción del 48 %, con utilización del filtro de contenedor de cartucho. Un dato concluyente en los resultados de la prueba microbiológica fue la cantidad de Unidades Formadoras de Colonia por metro cúbico de levaduras, el cual indicó que en el filtro de tela la cantidad de levadura fue incontable, mientras que, con filtro de contenedor de cartucho, a pesar que la cantidad fue mayor a lo permitido por la norma, las levaduras fueron menores a 100UFC/m<sup>3</sup> en los tres lotes permitiendo de esta forma la fermentación en la botella.
- Las ventajas que se observaron con el filtro de contenedor de cartucho fueron: se realizaron 3 lotes de cerveza utilizando el filtro de tela y 3 lotes con filtro de contenedor de cartucho. Lo anterior permitió evidenciar una disminución en los tiempos de filtración con la utilización del contenedor del cartucho del 86% para la filtración previa a la fermentación y 78% para la filtración previa a la maduración, haciendo notable la mejora en los tiempos

de producción y la obtención de un sistema de filtrado de alta calidad que proporcionará el mayor control sobre el proceso de elaboración conservando el producto limpio y apetecible.

- Se realizó un análisis de costos de la alternativa implementada junto con una escala industrial demostrando una mejora general en el proceso de producción, con la proyección de ventas realizada para 12 meses, la inversión inicial del filtro de contenedor de cartuchos, se retornará aproximadamente en el sexto mes, y adicionalmente se obtendrán utilidades y ganancias por la implementación del cambio del filtro en el proceso productivo de la empresa Green Hops.
- Finalmente, en término de costos a una escala industrial (500 litros de cerveza producida), al haber una disminución sustancial en los tiempos de filtración, y por ende en el tiempo total de producción, la mano de obra empleada para producir una cerveza será menor, haciendo más rentable la producción de cerveza, pues se disminuyó el costo unitario de producción en un 10.29% cuando se utiliza el filtro de contenedor de cartuchos.

## 7. RECOMENDACIONES

- Continuar con el proceso de reingeniería en cada una de las etapas del proceso productivo para buscar mejor calidad del producto final, y un proceso más rentable.
- Contar con personal capacitado para la elaboración de cerveza, de tal forma que garantice producir la mayor cantidad de cerveza, manteniendo la calidad deseada por la empresa, y en el menor tiempo posible.
- Para un análisis de datos exactos se recomiendan los mismos tiempos de maduración y fermentación, para evitar diferencias notables en los grados de alcohol obtenidos de cada lote.
- Realizar la prueba de laboratorio a una misma temperatura para que el resultado obtenido de turbidez fría no se afecte.
- Se recomienda hacer las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas en un laboratorio especializado en alimentos.
- Se debe incluir en los costos de la producción de la cerveza artesanal roja tipo Ale la distribución y el transporte con el fin de obtener el valor real de producción de un lote de cerveza artesanal.
- Se recomienda realizar una proyección de la producción y costos mínimos a 5 años para verificar la rentabilidad de la compañía.
- Se recomienda una vez mejorados los procesos solicitar el permiso al INVIMA cumpliendo con la legislación aplicable para bebidas alcohólicas.
- Es importante mejorar la eficiencia de los procesos ya que actualmente a nivel de laboratorio es de 56,66 %.

## BIBLIOGRAFIA

ANNA HERRERA. Universidad de Carabobo 2015 [En línea:] <https://es.slideshare.net/annaherrera/fermentaciones-industriales> [Consultado el 14 de febrero del 2017]

ASOCIACION DE CERVECEROS CASEROS ESPAÑOLES. [En línea: ] 07 de 04 de 2011de <http://cerveceros-caseros.com/index.php/procesos/139-el-filtrad>. [Consultado el 18 de mayo del 2017]

ATLAS ILUSTRADO DE LA CERVEZA. Historia, tipos, gastronomía. Madrid: España. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

BIEHMAN PEDRO. Apuntes sobre cerveza. Miércoles de Junio de 2013 [Consultado el 19 de mayo del 2017]

BRODERICK. The practical brewer a manual for the brewing industry. Wisconsin U.S.A: BOAR. 1983. [Consultado el 30 de junio de 2017]

CARRETERO CASADO FRANCISCO. Innovación tecnológica en la industria de bebidas. [En línea:]. <http://quimicaorganicaqu.blogspot.com.co/2013/07/elaboracion-de-la-cerveza.html> . [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

CERVECEROS CASEROS. Todo lo que querías saber sobre el cornelius. Parte 2. de [http://www.cerveceroscaseros.com.ar/interior/todoslostitulos.php?aj\\_go=more&i\\_d=1140460462&start\\_from](http://www.cerveceroscaseros.com.ar/interior/todoslostitulos.php?aj_go=more&i_d=1140460462&start_from). [Consultado el 19 de mayo del 2017]

CERVEZA ARTESANA. 2014. La guía definitiva de la malta. [En línea] 19 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-malta.html>. [Consultado el 13 de 05 de 2017.]

CERVEZA ARTESANA. 2014. Guía de la levadura: qué, quién, cuándo, cómo, dónde y porqué. [En línea] 26 de 09 de 2014. <https://cervezartesana.es/tienda/blog/la-guia-definitiva-de-la-levadura.html>. [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

CERVEZA ARTESANA. Manual de los distintos tipos de lúpulo y las propiedades de cada uno. [En línea:] 2016 <https://cervezartesana.es/tienda/blog/manual-de-los-distintos-tipos-de-lupulo-y-las-propiedades-de-cada-uno.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017]

CERVEZA CASERA. Tabla de color y amargor. [En línea] 18 de 05 de 2017, de <http://cervezacasera.com.mx/tabla-color-amargor/> [Consultado el 10 de mayo del 2017]

CERVEZA DE ARGENTINA. Clarificar o no clarificar. [En línea] <http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/clarificaronoclarificar.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

CERVEZAS DEL MUNDO. Proceso de elaboración. [En línea ].de <https://www.cervezasdelmundo.com/pages/index/proceso-de-elaboracion>. [Consultado el 04 de 05 de 2017.]

CÉSPEDES JAIME ARIANSEN. ciencias y tecnología del vino . programa de enología del instituto de los andes . Perú. [4 de mayo de 2009]. [Consultado el 10 de mayo del 2017].

DISTRINES Ltda.insumos de la cerveza. [En línea] 2013, de <http://www.distrines.com/maltas.php?id=1> [Consultado el 10 de mayo del 2017]

DONALDSON ULTRAFILTER. Filtración de cerveza artesanal. [En línea] <http://donaldsonultrafilterlatam.com/filtracion-cerveza-artesanal>. [Consultado el 06 de 05 de 2017.]

ESPINOZA SILVA CLARA RAQUEL, MANUAL DE TECNOLOGIA DE CEREALES Y LEGUMINOSAS. HUANCAYO: Facultad de ingeniería en industria alimentarias, Universidad nacional del centro de peru . 2013 [Consultado el 13 de mayo del 2017]

FABRICAR CERVEZA. El agua, características y uso en la fabricación de cerveza. [En línea] 19 de 02 de 2013 <http://www.fabricarcerveza.es/blog/item/133-el-agua-caracter%C3%ADsticas-y-uso-en-la-elaboraci%C3%B3n-de-cerveza>. . [Consultado el 11 de 05 de 2017.]

FRECCIA NICO.The power of pH. junio 1997. [Consultado el 10 de mayo 2017.]

GARCÍA DONALDO YEPES. Elaboración y producción de la cerveza.[En línea: ] 10 de enero 2007. <http://www.mailxmail.com/curso-elaboracion-produccion-cerveza/caracteristicas-identidad-cerveza>. [Consultado el 19 de mayo del 2017.]

GONZALEZ OMAR DELGADILLO. Química de alimentos. caramelización . Mexico: universidad nacional autónoma . [26 de octubre de 2015] [Consultado el 14 de Enero del 2017]

GONZALEZ RODIGO. Matriz de Pugh: ayuda a la toma de decisiones [En línea] 20 de Noviembre de 2012. <http://www.pdcachome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA. GTC 32 del 26 de febrero de 1997. cerveza toma de muestras. . [Consultado el 21 de 05 de 2017.]

INSTITUTO COLOBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Documentacion. Presentacion de tesis, trabajos de grados, trabajos de investigacion. NTC 1486. Sexta actualizacion. Bogota D.C.: El Instituto, 2008. P.110

\_\_\_\_\_. Referencias Bibliografias. Contenido, forma y estructura. NTC 5613 [En línea] [Consultado 14 de Abril del 2017]. Disponible en internet : [http://www.politecnicojic.edu.co/ Imágenes/stories/politecnico/biblioteca/NTC5613](http://www.politecnicojic.edu.co/Imágenes/stories/politecnico/biblioteca/NTC5613).

\_\_\_\_\_. Referencias Documentales para fuentes de información electrónica. NTC 4490. Bogotá: 2008.p.2

KENSHO HUMBREER CEO. La fermentaion de la cerveza en cuatro fases.[En línea: ]<http://www.kenshosake.com/la-fermentacion-de-la-cerveza-en-4-fases/> [Consultado el 30 de junio de 2017]

MAILLARD LOUIS CAMILLE. La Reaccion De Maillard . Food Reviews InternationL . paginas 345-374.año 2003 [Consultado el 14 de enero del 2017]

MANUFACTURING TERMS. Pugh Matrix. [En línea] <http://www.manufacturingterms.com/Spanish/Pugh-Matrix-Definition.html>. [Consultado el 19 de 05 de 2017.]

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 del 22 de junio del 2007. Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. colombia.[ Consultado el 10 mayo del 2017]

\_\_\_\_\_. Decreto número 1575 del 9 de mayo del 2007. Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua. Colombia. [Consultado el 10 de mayo de 2017].

PALMER JOHN. How to brew, Everything You Need To Know To Brew. Boulder, Colorado: Brewers Publications .2006 [Consultado el 11 mayo del 2017]

PIRINEOS. AVDA. Club de Cervezas del Mundo. Tipos de cerveza. MADRID, San Sebastián de los Reyes. (2014) [Consultado el 04 de 05 de 2017.]

REICH RODOLFO. CERVEZAS ARGENTINAS: más de 130 variedades de todo el país y las 30 importadas que debes probar. . Argentina : Albatros. [Consultado el 30 de junio de 2017]

THE BEER BOX. Grandes cervezas del mundo. [En línea] 2007. <https://thebeerbox.wordpress.com/2009/10/11/%C2%BFque-es-la-famosa-malta/>. [Consultado el 14 de enero del 2017]

THE BEER DAILY. ¿Qué tan amarga es tu cerveza? los IBU's te lo dicen.[En línea:] 11 de 08 de 2013. de <https://thebeerdaily.com/2013/08/11/que-tan-amarga-es-tu-cerveza-los-ibus-te-lo-dicen/>. [Consultado el 20 de mayo del 2017]

SÁNCHEZ LOMARES FRANCISCO. La cerveza artesanal .cómo hacer cerveza en la casa . EGEDSA. Año 2004.[ Consultado el 10 de mayo del 2017]

SANCHO SAURINA RUBÉN. Memoria Proyecto de Grado - Diseño de un micro-planta de fabricación de cerveza y estudio de técnicas y procesos de producción. [Consultado el 10 de mayo del 2017.]

STÖVER. cerveza artesanal: la fitación. tecnologia de los procesos . 2014. [Consultado el 30 de junio de 2017]

VINO PREMIER, DIFERENCIAS ENTRE UNA CERVEZA ARTESANAL E INDUSTRIAL. [En línea desde 29 de 08 de 2014].<https://devinosconcarla.com/2014/08/29/diferencias-entre-una-cerveza-artesanal-e-industrial/> [Consultado el 1 de agosto de 2017]

XAVIER ANTONIO JARAMILLO ÁLAVA. Evaluacion del uso entre banano verde o banano maduro (cavendish) como adjunto en el desarrollo de una cerveza artesanal. Ecuador: Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de ingenieria en Mecánica y Ciencias de la producción.[ Consultado el 10 de enero del 2017]

## ANEXOS

## ANEXO A

### LEVADURA TIPO ALE SAFALE S-04



Division of S.I.Lesaffre

## Safale S-04

### Levadura seca tipo ale

<b>Ingredientes:</b>	Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ), agente rehidratante																
<b>Propiedades:</b>	Cepa inglesa comercial del tipo ale muy conocida, seleccionada por su rápida velocidad de fermentación y la capacidad de formar un sedimento compacto en el fondo de los fermentadores, hecho que mejora la limpieza de las cervezas. Esta cepa es recomendada para elaborar una amplia variedad de cervezas tipo ale y está especialmente adaptada para utilizarse en cervezas tipo ale acondicionadas en barricas o producidas en fermentadores cilíndrico – cónicos. Sedimentación: alta. Peso específico final: medio.																
<b>Dosis:</b>	50 g/hl a 80 g/hl.																
<b>Instrucciones de siembra:</b>	Previamente a la inoculación, se debe rehidratar la levadura seca en un recipiente con agitación hasta formar una crema. El procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en un volumen de agua estéril o mosto 10 veces superior a su propio peso, a una temperatura de 27 °C ± 3 °C (80 °F ± 6°F). Una vez que el peso total de la levadura se encuentre reconstituido en forma de crema (esta etapa lleva de 15 a 30 minutos) se mantiene la agitación suave por otros 30 minutos. Posteriormente se siembra la crema obtenida en los fermentadores. Alternativamente, se puede sembrar directamente levadura seca en el fermentador, asegurando que la temperatura del mosto supere los 20 °C (68 °F). Este procedimiento consiste en esparcir la levadura seca en forma progresiva sobre la superficie del mosto, asegurando que la misma cubra todo el área disponible, evitando la formación de grumos. Se deja en reposo por 30 minutos y luego se mezcla el mosto, por ejemplo, utilizando aireación.																
<b>Temperatura de fermentación:</b>	Temperatura recomendada de fermentación 15 – 24 °C (59 – 75 °F).																
<b>Packaging:</b>	4 unidades tipo “display” con 38 <i>sachets</i> de levadura x 11,5 g cada uno, acondicionados en caja de cartón. 20 <i>sachets</i> x 500 g, envasados al vacío, acondicionados en caja de cartón. 1 <i>sachet</i> x 10 kg envasado al vacío, acondicionado en caja de cartón.																
<b>Almacenamiento:</b>	Conservar en lugar fresco (< 10 °C / 50 °F) y ambiente seco. Los <i>sachets</i> abiertos deben ser sellados y almacenados a 4 °C (39 °F) y utilizados dentro de los 7 días siguientes a la apertura. No deben ser utilizados los <i>sachets</i> blandos o que presenten algún tipo de daño.																
<b>Validez:</b>	Verificar la fecha de validez del producto que se encuentra impresa en los <i>sachets</i> . El producto almacenado bajo condiciones recomendadas posee una validez de 24 meses contando desde la fecha de elaboración.																
<b>Análisis típicos:</b>	<table border="0" style="width: 100%;"><tr><td>% peso seco:</td><td>94,0 – 96,5</td></tr><tr><td>Células viables al envasado:</td><td>&gt; 6 x 10<sup>9</sup> / gramo</td></tr><tr><td>Bacterias totales*:</td><td>&lt; 5 / ml</td></tr><tr><td>Bacterias ácido acéticas</td><td>&lt; 1 / ml</td></tr><tr><td>Lactobacilos*:</td><td>&lt; 1 / ml</td></tr><tr><td>Pediococcus*:</td><td>&lt; 1 / ml</td></tr><tr><td>Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i>*:</td><td>&lt; 1 / ml</td></tr><tr><td>Microorganismos patógenos:</td><td>En acuerdo a la regulación vigente</td></tr></table> <p>*Cuando la levadura seca es inoculada a una tasa de 100 g/hl o &gt; 6 x 10<sup>6</sup> células viables / ml</p>	% peso seco:	94,0 – 96,5	Células viables al envasado:	> 6 x 10 <sup>9</sup> / gramo	Bacterias totales*:	< 5 / ml	Bacterias ácido acéticas	< 1 / ml	Lactobacilos*:	< 1 / ml	Pediococcus*:	< 1 / ml	Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml	Microorganismos patógenos:	En acuerdo a la regulación vigente
% peso seco:	94,0 – 96,5																
Células viables al envasado:	> 6 x 10 <sup>9</sup> / gramo																
Bacterias totales*:	< 5 / ml																
Bacterias ácido acéticas	< 1 / ml																
Lactobacilos*:	< 1 / ml																
Pediococcus*:	< 1 / ml																
Levaduras salvajes no <i>Saccharomyces</i> *:	< 1 / ml																
Microorganismos patógenos:	En acuerdo a la regulación vigente																
<b>Nota importante:</b>	Se informa que cualquier cambio en el proceso fermentativo puede alterar la calidad final del producto. Por lo tanto, se sugiere realizar ensayos de fermentación antes de utilizar comercialmente nuestra levadura.																

**ANEXO B**  
**FICHA TÉCNICA DEL LÚPULO CASCADE**

**CARACTERÍSTICAS**

<b>Rendimiento (Kg/ha)</b>	<b>1600-2000</b>
<b>Alfa ácidos</b>	<b>4,5-7%</b>
<b>Beta ácidos</b>	<b>4,8-7%</b>
<b>Cohumulona (% de alfa ácidos)</b>	<b>33-40%</b>
<b>Aceites Totales (ml/100gr)</b>	<b>0,7-1,4</b>
<b>Estabilidad de almacenamiento (%aa restante luego de 6 meses de almacenamiento a 20°C)</b>	<b>48-52%</b>
<b>Estilo típico</b>	<b>Pale Ale, IPA, Porter, Barleywine</b>
<b>Usos</b>	<b>Variedad de aroma, otorga sabor y aroma agradable. Se adiciona al final del hervor</b>
<b>Posible Sustituto</b>	<b>Mapuche, Centennial, Amarillo</b>
<b>Sabor</b>	<b>Agradable, floral, especiado y cítrico</b>

**ANEXO C**  
**INFORMACIÓN CARTUCHO UTILIZADO EN EL PROCESO.**



**PENTEK®**  
**PD-1-934**  
POLYDEPTH®  
Polypropylene Filter Cartridge

**RATING:**  
1 micron (nominal)

**TEMPERATURE RANGE:**  
40-175°F (4.4-79.4°C)

**REDUCES:**  
Sediment\*

Fits Pentair® Pentek®, Standard and Slim Line®, 3M/Cuno®, Culligan®, Filterite®, Harmsco®, Keystone Filter™, Watts® and most standard size filter housings. All registered and unregistered trademarks are the property of their respective owners.

\*Not Performance Tested or Certified by NSF.



COMPLEMENT

This cartridge is Tested and Certified by NSF International under NSF/ANSI Standard 42 for material requirements only.



0 51678 74843 5

© 2013 Pentair Residential Filtration, LLC  
Made in Korea 145962 REV G DE13

## ANEXO D

### RESULTADOS DE LABORATORIO LOTE NO. 1 FILTRO DE TELA.



**ENSAYO FISICOQUÍMICO No. A17.172**

RT 040  
V 002

---

<b>EMPRESA:</b>	LORENA AVENDAÑO	<b>CONTACTO:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>DIRECCION:</b>	NO ESPECIFICADA	<b>TELEFONO:</b>	322 365 67 73
<b>CIUDAD:</b>	BOGOTÁ	<b>e-mail:</b>	lorenaso_24@hotmail.com

---

<b>MUESTRA:</b>	CERVEZA CON FILTRO	<b>FECHA PRODUCCIÓN:</b>	22 DE ABRIL DEL 2017
<b>LUGAR:</b>	TRAIDO AL LABORATORIO	<b>FECHA VENCIMIENTO:</b>	22 DE ABRIL DEL 2019
<b>AREA DE TOMA:</b>	NO APLICA	<b>PROVEEDOR:</b>	NO APLICA
<b>PUNTO DE CAPTACIÓN:</b>	NO APLICA	<b>TEMPERATURA DE TOMA:</b>	4°C
<b>LOTE:</b>	No. 1	<b>MUESTRA ENTREGADA POR:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>PRESENTACION:</b>	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	<b>OBSERVACIONES:</b>	NO REPORTADAS
<b>CANTIDAD:</b>	2 BOTELLAS X 350 ml		

---

**FECHA DE MUESTREO:** 15 DE MAYO DEL 2017  
**FECHA DE ANALISIS:** 15 DE MAYO DEL 2017  
**FECHA EMISION DE RESULTADOS:** 22 DE MAYO DEL 2017

---

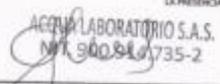
**INFORME DE ENSAYO FISICOQUÍMICO**  
MUESTRA No. A17.172

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	MIN	MÁX	METODO
Etanol (expresado en Grados alcoholométricos ) a 20 °C	2	% v/v 20 °C	2,50	12	GTC 4
Turbidez Total	204	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Permanente	24,79	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Fría	179,21	NTU	No aplica		Turbidimetria
Sólidos Suspendidos	304	mg/L	No aplica		Gravimetría

**NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS, CERVEZA**

**CONCEPTO: LA MUESTRA NO CUMPLE.**

RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA  
 PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE ACQUA LABORATORIO S.A.S  
 LA PRESENCIA DEL SELLO DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO.



**ACQUA LABORATORIO S.A.S.**  
NIT 900.940.735-2

**Gloria Luz Jiménez**  
Directora Técnica  
Especialista en Análisis Químico Instrumental PUJ

...FIN DEL REPORTE...

acqualabs@gmail.com  
 Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Normandía  
 Tel: 3 15 13 58 - 314 365 39 61  
 Móvil: 314 3 65 39 61

1 de 1



Acqua Laboratorio S.A.S

ENSAYO MICROBIOLÓGICO No. A17.172

RT 040  
V 002

EMPRESA:	LORENA AVENDAÑO	CONTACTO:	LORENA AVENDAÑO
DIRECCION:	NO ESPECIFICADA	TELEFONO:	322 365 67 73
CIUDAD:	BOGOTÁ	e-mail:	lorenagp_24@hotmail.com
MUESTRA:	CERVEZA CON FILTRO	FECHA PRODUCCIÓN:	22 DE ABRIL DEL 2017
LUGAR:	TRAIDO AL LABORATORIO	FECHA VENCIMIENTO:	22 DE ABRIL DEL 2019
AREA DE TOMA:	NO APLICA	PROVEEDOR:	NO APLICA
PUNTO DE CAPTACIÓN:	NO APLICA	TEMPERATURA DE TOMA:	4°C
LOTE:	No. 1	MUESTRA ENTREGADA POR:	LORENA AVENDAÑO
PRESENTACION:	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	OBSERVACIONES:	NO REPORTADAS
CANTIDAD:	2 BOTELLAS X 350 ml		
FECHA DE MUESTREO:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA DE ANALISIS:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA EMISION DE RESULTADOS:	22 DE MAYO DEL 2017		

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO  
MUESTRA No. A17.172

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	METODO
Recuento Mohos	2	UFC/ g	≤ 20 UFC / cm <sup>4</sup>	Siembra en Profundidad
Recuento Levaduras	89			

PARAMETRO NTC 3854 BEBIDAS ALCOHOLICAS CERVEZA
CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA NO CUMPLE CON LOS PARAMETROS ANALIZADOS

RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA PERMISIÓN DE ACQUA LABORATORIO S.A.S.  
LA PRESENCIA DEL SELLO DE TIRNA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO.

ACQUA LABORATORIO S.A.S  
MTI 900 616 7352

Gloria Jiluz Jiménez  
Directora Técnica  
Especialista Análisis Químico Instrumental PUJ

acqualabos@gmail.com  
Calle 49 No. 20 C 31 Barrio Norovendo  
Tel: 2 66 52 07  
Móvil: 314 3 65 29 63

1 de 1

...FIN DEL REPORTE...

## ANEXO E

### RESULTADOS DE LABORATORIO LOTE NO. 2 FILTRO DE TELA.



**ENSAYO FISCOQUÍMICO No. A17.173**

RT 040  
V 002

---

<b>EMPRESA:</b>	LORENA AVENDAÑO	<b>CONTACTO:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>DIRECCION:</b>	NO ESPECIFICADA	<b>TELEFONO:</b>	322 365 67 73
<b>CIUDAD:</b>	BOGOTÁ	<b>e-mail:</b>	lorenap.24@hotmail.com

---

<b>MUESTRA:</b>	CERVEZA CON FILTRO
<b>LUGAR:</b>	TRAIDO AL LABORATORIO
<b>AREA DE TOMA:</b>	NO APLICA
<b>PUNTO DE CAPTACION:</b>	NO APLICA
<b>LOTE:</b>	No. 2
<b>PRESENTACION:</b>	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR
<b>CANTIDAD:</b>	2 BOTELLAS X 350 ml

---

<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	15 DE MAYO DEL 2017
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	15 DE MAYO DEL 2017
<b>FECHA EMISION DE RESULTADOS:</b>	22 DE MAYO DEL 2017

---

**INFORME DE ENSAYO FISCOQUÍMICO**  
**MUESTRA No. A17.173**

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	MIN	MÁX	METODO
Etanol (expresado en Grados alcohométricos ) a 20 °C	3	% v/v 20 °C	2,50	12	GTC 4
Turbidez Total	139	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Permanente	14,58	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Fría	124,42	NTU	No aplica		Turbidimetria
Sólidos Suspendidos	265	mg/L	No aplica		Gravimetria

**NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS, CERVEZA**

**CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA CUMPLE LOS PARAMETROS ANALIZADOS.**

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA  
 PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE ACQUA LABORATORIO S.A.S  
 LA PRESENCIA DEL SELLO DE TIRTA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

**ACQUA LABORATORIO S.A.S.**  
NIT 900.624.735-2

**Gloria Luz Jiménez**  
Directora Técnica  
Especialista en Análisis Químico Instrumental PUJ

—FIN DEL REPORTE—

acqualabsas@gmail.com  
 Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Normandía  
 Teñ 3 15 15 58 - 314 365 39 81  
 Móvil: 314 3 65 39 82

1 de 1



Acqua Laboratorio S.A.S.

ENSAYO MICROBIOLÓGICO No. A17.173

RT 040  
V 002

EMPRESA:	LORENA AVENDAÑO	CONTACTO:	LORENA AVENDAÑO
DIRECCIÓN:	NO ESPECIFICADA	TELÉFONO:	322 365 67 73
CIUDAD:	BOGOTÁ	e-mail:	lorenago_24@hotmail.com
MUESTRA:	CERVEZA CON FILTRO	FECHA PRODUCCIÓN:	23 DE ABRIL DEL 2017
LUGAR:	TRAIDO AL LABORATORIO	FECHA VENCIMIENTO:	23 DE ABRIL DEL 2019
ÁREA DE TOMA:	NO APLICA	PROVEEDOR:	NO APLICA
PUNTO DE CAPTACIÓN:	NO APLICA	TEMPERATURA DE TOMA:	4°C
LOTE:	No. 2	MUESTRA ENTREGADA POR:	LORENA AVENDAÑO
PRESENTACIÓN:	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	OBSERVACIONES:	NO REPORTADAS
CANTIDAD:	2 BOTELLAS x 350 ml		
FECHA DE MUESTREO:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA DE ANÁLISIS:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS:	22 DE MAYO DEL 2017		

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO  
MUESTRA No. A17.173

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	MÉTODO
Recuento Mohos	2	UFC/ g	≤ 20 UFC / cm <sup>3</sup>	Siembra en Profundidad
Recuento Levaduras	47			

PARAMETRO NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS CERVEZA
CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA NO CUMPLE CON LOS PARAMETROS ANALIZADOS

RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE ACQUA LABORATORIO S.A.S.  
LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S. INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO.

  
**ACQUA LABORATORIO S.A.S.**  
 NIT 900.414.725-2  
 Gloria Luz Jiménez  
 Directora Técnica  
 Especialista Análisis Químico Instrumental PUJ

acqua@labior@gmail.com  
 Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Narmandía  
 Tel: 2 66 52 07  
 Móvil: 314 3 45 39 61

1 de 1

... FIN DEL REPORTE ...

## ANEXO F

### RESULTADOS DE LABORATORIO LOTE NO. 3 FILTRO DE TELA.



*Acqua Laboratorio S.A.S*

**ENSAYO FISICOQUÍMICO No. A17.174**

RT 040  
V 002

<b>EMPRESA:</b>	LORENA AVENDAÑO	<b>CONTACTO:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>DIRECCION:</b>	NO ESPECIFICADA	<b>TELEFONO:</b>	322 365 67 73
<b>CIUDAD:</b>	BOGOTÁ	<b>e-mail:</b>	lorenapp_24@hotmail.com
<b>MUESTRA:</b>	<b>CERVEZA CON FILTRO</b>	<b>FECHA PRODUCCIÓN:</b>	24 DE ABRIL DEL 2017
<b>LUGAR:</b>	TRAIDO AL LABORATORIO	<b>FECHA VENCIMIENTO:</b>	24 DE ABRIL DEL 2019
<b>AREA DE TOMA:</b>	NO APLICA	<b>PROVEEDOR:</b>	NO APLICA
<b>PUNTO DE CAPTACIÓN:</b>	NO APLICA	<b>TEMPERATURA DE TOMA:</b>	4°C
<b>LOTE:</b>	No. 3	<b>MUESTRA ENTREGADA POR:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>PRESENTACION:</b>	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	<b>OBSERVACIONES:</b>	NO REPORTADAS
<b>CANTIDAD:</b>	2 BOTELLAS X 350 ml		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA EMISION DE RESULTADOS:</b>	22 DE MAYO DEL 2017		

**INFORME DE ENSAYO FISICOQUÍMICO**  
**MUESTRA No. A17.174**

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	MIN	MÁX	METODO
Etanol (expresado en Grados alcoholimétricos ) a 20 °C	2	% v/v 20 °C	2,50	12	GTC 4
Turbidez Total	277	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Permanente	31,91	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Fria	245,09	NTU	No aplica		Turbidimetria
Sólidos Suspendidos	303	mg/L	No aplica		Gravimetria

**NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS, CERVEZA**

**CONCEPTO: LA MUESTRA NO CUMPLE.**

RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE ACQUA LABORATORIO S.A.S

LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

**ACQUA LABORATORIO S.A.S.**  
NIT: 900.914.735-2

*[Firma]*

**Gloria Luz Jiménez**  
Directora Técnica  
Especialista en Análisis Químico Instrumental PUJ

...FW DEL REPORTE...

acquelabs@gmail.com  
Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Normandia  
Tel: 3 15 13 58 - 314 365 39 61  
Móvil: 314 3 65 39 62

1 de 1



ENSAYO MICROBIOLÓGICO No. A17.174

BT 040  
V 002

EMPRESA:	LORENA AVENDAÑO	CONTACTO:	LORENA AVENDAÑO
DIRECCIÓN:	NO ESPECIFICADA	TELÉFONO:	322 365 67 73
CIUDAD:	BOGOTÁ	e-mail:	lorenapp_24@hotmail.com
MUESTRA:	CERVEZA CON FILTRO	FECHA PRODUCCIÓN:	24 DE ABRIL DEL 2017
LUGAR:	TRAIDO AL LABORATORIO	FECHA VENCIMIENTO:	24 DE ABRIL DEL 2019
ÁREA DE TOMA:	NO APLICA	PROVEEDOR:	NO APLICA
PUNTO DE CAPTACIÓN:	NO APLICA	TEMPERATURA DE TOMA:	4°C
LOTE:	No. 3	MUESTRA ENTREGADA POR:	LORENA AVENDAÑO
PRESENTACIÓN:	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	OBSERVACIONES:	NO REPORTADAS
CANTIDAD:	2 BOTELLAS X 350 ml		
FECHA DE MUESTREO:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA DE ANÁLISIS:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS:	22 DE MAYO DEL 2017		

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO  
MUESTRA No. A17.174

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	METODO
Recuento Mohos	1	UFC / g	≤ 20 UFC / cm <sup>3</sup>	Siembra en Profundidad
Recuento Levaduras	97			

PARAMETRO NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS CERVEZA

CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA NO CUMPLE CON LOS PARÁMETROS ANALIZADOS

RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHÍBESE LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE AGUA LABORATORIO S.A.S

LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE AGUA LABORATORIO S.A.S. PUEDE QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

AGUA LABORATORIO S.A.S.  
NIT 900 964 738-2

Gloria Lúiz Jiménez  
Directora Técnica  
Especialista Análisis Químico Instrumental PUJ

acvalvarez@gmail.com  
Calle 49 No. 20 C. 21 Barrio Normandía  
Tel: 2 66 52 07  
Móvil: 314 3 65 39 61

1 de 1

...FIN DEL REPORTE...

## ANEXO G

### RESULTADOS DE LABORATORIO LOTE NO. 1 FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO.



Acqua Laboratorio S.A.S

**ENSAYO FISICOQUÍMICO No. A17.172**

RT 040  
V 002

<b>EMPRESA:</b>	LORENA AVENDAÑO	<b>CONTACTO:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>DIRECCION:</b>	NO ESPECIFICADA	<b>TELEFONO:</b>	322 365 67 73
<b>CIUDAD:</b>	BOGOTÁ	<b>e-mail:</b>	lorenapp_24@hotmail.com
<b>MUESTRA:</b>	<b>CERVEZA CON FILTRO</b>	<b>FECHA PRODUCCIÓN:</b>	22 DE ABRIL DEL 2017
<b>LUGAR:</b>	TRAIDO AL LABORATORIO	<b>FECHA VENCIMIENTO:</b>	22 DE ABRIL DEL 2019
<b>AREA DE TOMA:</b>	NO APLICA	<b>PROVEEDOR:</b>	NO APLICA
<b>PUNTO DE CAPTACIÓN:</b>	NO APLICA	<b>TEMPERATURA DE TOMA:</b>	4°C
<b>LOTE:</b>	No. 1	<b>MUESTRA ENTREGADA POR:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>PRESENTACION:</b>	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	<b>OBSERVACIONES:</b>	NO REPORTADAS
<b>CANTIDAD:</b>	2 BOTELLAS X 350 ml		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA EMISION DE RESULTADOS:</b>	22 DE MAYO DEL 2017		

**INFORME DE ENSAYO FISICOQUÍMICO**  
**MUESTRA No. A17.172**

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	MIN	MÁX	METODO
Etanol (expresado en Grados alcoholométricos ) a 20 °C	2	% v/v 20 °C	2,50	12	GTC 4
Turbidez Total	204	NTU	No aplica		Turbidimetría
Turbidez Permanente	24,79	NTU	No aplica		Turbidimetría
Turbidez Fria	179,21	NTU	No aplica		Turbidimetría
Sólidos Suspendedos	304	mg/L	No aplica		Gravimetría

**NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS. CERVEZA**

**CONCEPTO: LA MUESTRA NO CUMPLE.**

RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE ACQUA LABORATORIO S.A.S

LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

ACQUA LABORATORIO S.A.S.  
NIT 900.840.735-2

---

**Glòria Luz Jiménez**  
Directora Técnica  
Especialista en Análisis Químico Instrumental PLU

...FIN DEL REPORTE...

acqualabsas@gmail.com  
Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Normandía  
Tel: 3 15 23 58 - 314 365 39 61  
Móvil: 314 3 65 39 61

1 de 1



Acqua Laboratorio S.A.S

ENSAYO MICROBIOLÓGICO No. A17.172

BT 080  
V 000

EMPRESA:	LORENA AVENDAÑO	CONTACTO:	LORENA AVENDAÑO
DIRECCION:	NO ESPECIFICADA	TELEFONO:	322 365 67 73
CIUDAD:	BOGOTÁ	e-mail:	lorenaap_25@hotmail.com
MUESTRA:	CERVEZA CON FILTRO	FECHA PRODUCCIÓN:	22 DE ABRIL DEL 2017
LUGAR:	TRAIDO AL LABORATORIO	FECHA VENCIMIENTO:	22 DE ABRIL DEL 2019
AREA DE TOMA:	NO APLICA	PROVEEDOR:	NO APLICA
PUNTO DE CAPTACIÓN:	NO APLICA	TEMPERATURA DE TOMA:	4°C
LOTE:	No. 1	MUESTRA ENTREGADA POR:	LORENA AVENDAÑO
PRESENTACION:	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	OBSERVACIONES:	NO REPORTADAS
CANTIDAD:	2 BOTELLAS X 350 ml		
FECHA DE MUESTREO:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA DE ANALISIS:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA EMISION DE RESULTADOS:	22 DE MAYO DEL 2017		

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO  
MUESTRA No. A17.172

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	METODO
Recuento Mohos	2	UFC/ g	≤ 20 UFC / cm <sup>3</sup>	Siembra en Profundidad
Recuento Levaduras	89			

PARAMETRO NTC 3854 BEBIDAS ALCOHOLICAS CERVEZA
CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA NO CUMPLE CON LOS PARAMETROS ANALIZADOS

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA  
PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE ACQUA LABORATORIO S.A.S  
LA PRESENCIA DEL SELLO DE TIRADA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

ACQUA LABORATORIO S.A.S  
NIT 900.614.735-2  
Gloria J. Jiménez  
Directora Técnica  
Especialista Análisis Químico Instrumental PUJ

acqualabnas@gmail.com  
Calle 49 No. 70 C 33 Barrio Normandía  
Tel: 2 66 52 07  
Móvil: 314 3 65 39 61

1 de 1

...FIN DEL REPORTE...

## ANEXO H

### RESULTADOS DE LABORATORIO LOTE NO. 2 FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO.



Acqua Laboratorio S.A.S

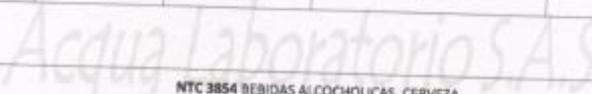
**ENSAYO FISCOQUÍMICO No. A17.173**

RT 040  
V 002

<b>EMPRESA:</b>	LORENA AVENDAÑO	<b>CONTACTO:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>DIRECCION:</b>	NO ESPECIFICADA	<b>TELEFONO:</b>	322 365 67 73
<b>CIUDAD:</b>	BOGOTÁ	<b>e-mail:</b>	lorenape_24@hotmail.com
<b>MUESTRA:</b>	<b>CERVEZA CON FILTRO</b>	<b>FECHA PRODUCCIÓN:</b>	23 DE ABRIL DEL 2017
<b>LUGAR:</b>	TRAIDO AL LABORATORIO	<b>FECHA VENCIMIENTO:</b>	23 DE ABRIL DEL 2019
<b>AREA DE TOMA:</b>	NO APLICA	<b>PROVEEDOR:</b>	NO APLICA
<b>PUNTO DE CAPTACIÓN:</b>	NO APLICA	<b>TEMPERATURA DE TOMA:</b>	4°C
<b>LOTE:</b>	No. 2	<b>MUESTRA ENTREGADA POR:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>PRESENTACION:</b>	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	<b>OBSERVACIONES:</b>	NO REPORTADAS
<b>CANTIDAD:</b>	2 BOTELLAS X 350 ml		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA EMISION DE RESULTADOS:</b>	22 DE MAYO DEL 2017		

**INFORME DE ENSAYO FISCOQUÍMICO**  
**MUESTRA No. A17.173**

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	MIN	MÁX	METODO
Etanol (expresado en Grados alcoholimétricos ) a 20 °C	3	% v/v 20 °C	2,50	12	GTC 4
Turbidez Total	139	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Permanente	14,58	NTU	No aplica		Turbidimetria
Turbidez Fria	124,42	NTU	No aplica		Turbidimetria
Sólidos Suspendidos	265	mg/L	No aplica		Gravimetria



**NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS, CERVEZA**

**CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA CUMPLE LOS PARAMETROS ANALIZADOS.**

RESULTADOS VALEDS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA  
PROHIBEN LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE ACQUA LABORATORIO S.A.S  
LA PRESENCIA DEL SELLO DE TIRTA DE ACQUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO



**ACQUA LABORATORIO S.A.S.**  
NIT: 900.044.935-2

**Gloria Luz Jiménez**  
Directora Técnica  
Especialista en Análisis Químico Instrumental PUJ

...FIN DEL REPORTE...

acqualabses@gmail.com  
Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Normandie  
Tel: 3 15 13 58 - 314 365 39 61  
Móvil: 314 3 65 39 61

1 de 1



Agua Laboratorio S.A.S

ENSAYO MICROBIOLÓGICO No. A17.173

RT 040  
V 002

EMPRESA:	LORENA AVENDAÑO	CONTACTO:	LORENA AVENDAÑO
DIRECCIÓN:	NO ESPECIFICADA	TELÉFONO:	322 365 67 73
CIUDAD:	BOGOTÁ	e-mail:	lorenace_24@hotmail.com
MUESTRA:	CERVEZA CON FILTRO	FECHA PRODUCCIÓN:	23 DE ABRIL DEL 2017
LUGAR:	TRAIDO AL LABORATORIO	FECHA VENCIMIENTO:	23 DE ABRIL DEL 2019
ÁREA DE TOMA:	NO APLICA	PROVEEDOR:	NO APLICA
PUNTO DE CAPTACIÓN:	NO APLICA	TEMPERATURA DE TOMA:	4°C
LOTE:	No. 2	MUESTRA ENTREGADA POR:	LORENA AVENDAÑO
PRESENTACIÓN:	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	OBSERVACIONES:	NO REPORTADAS
CANTIDAD:	2 BOTELLAS X 350 ml		
FECHA DE MUESTREO:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA DE ANÁLISIS:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS:	22 DE MAYO DEL 2017		

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO  
MUESTRA No. A17.173

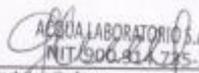
ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	MÉTODO
Recuento Mohos	2	UFC/ g	≤ 20 UFC / cm <sup>3</sup>	Siembra en Profundidad
Recuento Levaduras	47			

PARAMETRO NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS CERVEZA

CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA **NO CUMPLE** CON LOS PARAMETROS ANALIZADOS

RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE AGUA LABORATORIO S.A.S  
LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE AGUA LABORATORIO S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

  
 AGUA LABORATORIO S.A.S.  
 NIT 900.614.725-2  
 Gloria Luz Jiménez  
 Directora Técnica  
 Especialista Análisis Químico Instrumental PUJ

agua@labas@gmail.com  
 Calle 49 No. 70 C 51 Barrio Normandía  
 Tel: 2 98 52 67  
 Móvil: 314 3 65 39 62

1 de 1

...FIN DEL REPORTE...

## ANEXO I

### RESULTADOS DE LABORATORIO LOTE NO. 3 FILTRO DE CONTENEDOR DE CARTUCHO.



Acqua Laboratorio S.A.S

**ENSAYO FISICOQUÍMICO No. A17.174**

RT 040  
V 002

<b>EMPRESA:</b>	LORENA AVENDAÑO	<b>CONTACTO:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>DIRECCION:</b>	NO ESPECIFICADA	<b>TELEFONO:</b>	322 365 67 73
<b>CIUDAD:</b>	BOGOTÁ	<b>e-mail:</b>	lorenapp_24@hotmail.com
<b>MUESTRA:</b>	CERVEZA CON FILTRO	<b>FECHA PRODUCCIÓN:</b>	24 DE ABRIL DEL 2017
<b>LUGAR:</b>	TRAIDO AL LABORATORIO	<b>FECHA VENCIMIENTO:</b>	24 DE ABRIL DEL 2019
<b>AREA DE TOMA:</b>	NO APLICA	<b>PROVEEDOR:</b>	NO APLICA
<b>PUNTO DE CAPTACIÓN:</b>	NO APLICA	<b>TEMPERATURA DE TOMA:</b>	4°C
<b>LOTE:</b>	No. 3	<b>MUESTRA ENTREGADA POR:</b>	LORENA AVENDAÑO
<b>PRESENTACION:</b>	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	<b>OBSERVACIONES:</b>	NO REPORTADAS
<b>CANTIDAD:</b>	2 BOTELLAS X 350 ml		
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA DE ANALISIS:</b>	15 DE MAYO DEL 2017		
<b>FECHA EMISION DE RESULTADOS:</b>	22 DE MAYO DEL 2017		

**INFORME DE ENSAYO FISICOQUÍMICO**  
**MUESTRA No. A17.174**

ANALISIS	RESULTADO	UNIDADES	MIN	MÁX	METODO
Etanol (expresado en Grados alcohométricos ) a 20 °C	2	% v/v 20 °C	2,50	12	GTC 4
Turbidez Total	277	NTU	No aplica		Turbidimetría
Turbidez Permanente	31,91	NTU	No aplica		Turbidimetría
Turbidez Fria	245,09	NTU	No aplica		Turbidimetría
Sólidos Suspendedos	303	mg/L	No aplica		Gravimetría

**NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS, CERVEZA**

**CONCEPTO: LA MUESTRA NO CUMPLE.**

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA  
PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION DE ACQUA LABORATORIOS S.A.S  
LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE ACQUA LABORATORIOS S.A.S INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

**ACQUA LABORATORIO S.A.S**  
NIT. 900.914.735-3

*[Firma]*

**Gloria Luz Jiménez**  
Directora Técnica  
Especialista en Análisis Químico Instrumental PUJ

...FIN DEL REPORTE...

acqualabs@gmail.com  
Calle 49 No. 70 C 31 Barrio Normandía  
Tel: 3 15 13 58 - 314 365 39 61  
Móvil: 314 3 65 39 62

1 de 1



Agua Laboratorio S.A.S

ENSAYO MICROBIOLÓGICO No. A17.174

RT 040  
V 002

EMPRESA:	LORENA AVENDAÑO	CONTACTO:	LORENA AVENDAÑO
DIRECCIÓN:	NO ESPECIFICADA	TELÉFONO:	322 365 67 73
CIUDAD:	BOGOTÁ	e-mail:	lorenapp_28@hotmail.com
MUESTRA:	CERVEZA CON FILTRO	FECHA PRODUCCIÓN:	24 DE ABRIL DEL 2017
LUGAR:	TRAIDO AL LABORATORIO	FECHA VENCIMIENTO:	24 DE ABRIL DEL 2019
ÁREA DE TOMA:	NO APLICA	PROVEEDOR:	NO APLICA
PUNTO DE CAPTACIÓN:	NO APLICA	TEMPERATURA DE TOMA:	4°C
LOTE:	No. 3	MUESTRA ENTREGADA POR:	LORENA AVENDAÑO
PRESENTACIÓN:	BOTELLA DE VIDRIO AMBAR	OBSERVACIONES:	NO REPORTADAS
CANTIDAD:	2 BOTELLAS X 350 ml		
FECHA DE MUESTREO:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA DE ANÁLISIS:	15 DE MAYO DEL 2017		
FECHA EMISIÓN DE RESULTADOS:	22 DE MAYO DEL 2017		

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO  
MUESTRA No. A17.174

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDADES	ESPECIFICACIONES	MÉTODO
Recuento Mohos	1	UFC/ g	≤ 20 UFC / cm <sup>3</sup>	Siembra en Profundidad
Recuento Levaduras	97			

PARAMETRO NTC 3854 BEBIDAS ALCOHÓLICAS CERVEZA

CONCEPTO: LA MUESTRA ANALIZADA NO CUMPLE CON LOS PARAMETROS ANALIZADOS

RESULTADOS VALIDOS ÚNICAMENTE SOBRE LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE AGUA LABORATORIO S.A.S.

LA PRESENCIA DEL SELLO DE TINTA DE AGUA LABORATORIO S.A.S. INDICA QUE ESTE ES UN DOCUMENTO ORIGINAL Y CONTROLADO

AGUA LABORATORIO S.A.S.  
NIT 900.944.734-2

Gloria Luz Jiménez  
Directora Técnica  
Especialista Análisis Químico Instrumental PUJ

agualaborsas@gmail.com  
Calle 49 No. 70 C 22 Barrio Normandía  
Tel: 2 86 52 87  
Móvil: 314 3 65 39 82

1 de 1

... FIN DEL REPORTE ...

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Nosotras LORENA MICHELL AVENDAÑO ARGUELLO Y MERY ANNE ESCOBAR HITSCHERICH en calidad de titulares de la obra **IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE EN LA EMPRESA GREEN HOPS**, elaborada en el año 2016, autorizamos al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que nos corresponden y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autores manifestamos conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.
- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autores establecemos las siguientes condiciones de uso de nuestra obra de acuerdo con la **licencia Creative Commons** que se señala a continuación:

	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

	Atribución- no comercial- sin derivar: permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor.	<input type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial: permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Atribución – no comercial – compartir igual: permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.	<input type="checkbox"/>

Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su(s) autor(es).

De igual forma como autores autorizamos la consulta de los medios físicos del presente trabajo de grado así:

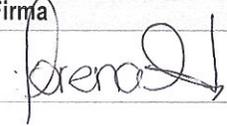
AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
La consulta física (sólo en las instalaciones de la Biblioteca) del CD-ROM y/o Impreso	x	
La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer para efectos de preservación		x

Información Confidencial: este Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica o secreta o se ha pedido su confidencialidad por parte del tercero, sobre quien se desarrolló la investigación. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se respete la restricción de acceso.	SI	NO
		x

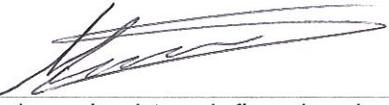
Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., a los 18 días del mes de Agosto del año 2017.

#### LOS AUTORES:

##### Autor 1

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
LORENA MICHELL	AVENDAÑO ARGUELLO
<b>Documento de identificación No</b>	<b>Firma</b>
1.010.210.297 Bogotá D.C.	

##### Autor 2

<b>Nombres</b>	<b>Apellidos</b>
MERY ANNE	ESCOBAR HITSCHERICH
<b>Documento de identificación No</b>	<b>Firma</b>
1.072.656.861 Chía	

Nota: Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.