

Trabajo de Fin de Grado
Grado en Ingeniería Química

Manual de Operación de una Planta de Producción de Cerveza

Autor: Carlos Montero Sánchez
Tutor: José Fernando Vidal Barrero
Mónica Rodríguez Galán

Dpto. Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Química

Manual de Operación de una planta de producción de Cerveza

Autor:

Carlos Montero Sánchez

Tutor:

José Fernando Vidal Barrero

Mónica Rodríguez Galán

Dpto. Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023

Agradecimientos

A mi familia, pareja y amigos por el apoyo incondicional que me han aportado durante mi etapa en la universidad. Sin ellos no habría podido llegar hasta donde estoy ahora mismo, ya que me han sostenido en todas las dificultades y pérdidas.

Una especial mención a mis abuelos y mi tío que me han ayudado y siguen haciéndolo, aunque ya no estén presentes.

A mis tutores de este trabajo, Mónica Rodríguez y José Fernando Vidal por la posibilidad que me han brindado al realizar este proyecto. Tampoco olvidar la paciencia y tesón de las maestras cerveceras de Factoría Cruzcampo, Irene Pascual y Sara Mellado, ya que sin ellas no habría descubierto todos los secretos en cuanto a la elaboración de cerveza. Por último y no menos importante, a Francisco Ladrón, por enseñarme el manejo de la maquinaria de este proyecto.

Resumen

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas del mundo. Tras su evolución en el tiempo, ha conseguido ser uno de los principales brebajes con mayor consumo del mundo y sobre todo en Europa y España.

Esta bebida está compuesta por agua, cereales, lúpulo, levadura y otros adjuntos, como pueden ser el azúcar, la miel o cualquier otro ingrediente que cambie la sensación organoléptica de esta.

El proceso de elaboración se puede resumir en las siguientes fases: limpieza, malteado, molienda, macerado, filtración, cocción, fermentación, guarda, pasteurización y envasado.

En la actualidad existen una gran variedad de cervezas, pudiéndose clasificar de diferentes formas según procedencia, tipo de fermentación, etc.

En este Trabajo de Fin de Grado, se hace una detallada descripción del equipamiento necesario para la elaboración de cerveza artesanal (50 litros), comenzando por la elaboración de mosto cervecero hasta la fermentación y embotellado de la cerveza. Además, se presenta el proceso y los resultados de una experiencia de fabricación realizada con el equipo mencionado. La prueba de fabricación realizada, servirá para proponer las medidas de seguridad que deberán ser incorporadas y las propuestas de mejora para la utilización de estos equipos.

Abstract

Beer is one of the oldest alcoholic beverages in the world. After its evolution over time, it has become one of the most consumed beverages in the world, especially in Europe and Spain.

This drink is composed of water, cereals, hops, yeast and other adjuncts, such as sugar, honey or any other ingredient that changes its organoleptic sensation.

The brewing process can be summarized in the following phases: cleaning, malting, milling, mashing, filtering, boiling, fermentation, storage, pasteurization and packaging.

At present there is a great variety of beers, which can be classified in different ways according to their origin, type of fermentation, etc.

In this Final Degree Project, a detailed description is made of the equipment necessary for the production of craft beer (50 liters), starting with the production of brewing wort up to fermentation and bottling of the beer. In addition, the process and the results of a brewing experience carried out with the mentioned equipment are presented. The manufacturing test carried out will be used to propose the safety measures to be incorporated and the improvement proposals for the use of this equipment.

Índice

1. Introducción.....	1
1.1. <i>Definición de cerveza</i>	1
1.2. <i>Ingredientes</i>	1
1.2.1 <i>Malta</i>	1
1.2.2 <i>Agua</i>	1
1.2.3 <i>Lúpulo</i>	1
1.2.4 <i>Adjuntos</i>	1
1.2.5 <i>Levadura</i>	2
1.3. <i>Historia de la Cerveza</i>	2
1.4. <i>Proceso de Producción en la Actualidad</i>	3
1.4.1 <i>Limpieza y almacenamiento de materias primas</i>	4
1.4.2 <i>Malteado</i>	4
1.4.3 <i>Molienda</i>	5
1.4.4 <i>Tratamiento del agua</i>	6
1.4.5 <i>Maceración</i>	6
1.4.6 <i>Filtración del Mosto</i>	7
1.4.7 <i>Cocción</i>	7
1.4.8 <i>Whirlpool</i>	8
1.4.9 <i>Enfriamiento del mosto</i>	8
1.4.10 <i>Fermentación</i>	8
1.4.11 <i>Guarda</i>	9
1.4.12 <i>Clarificación</i>	9
1.4.13 <i>Pasteurización</i>	9
1.4.14 <i>Carbonatación y Envasado</i>	9
1.5 <i>Clasificación de Cervezas</i>	10
1.6 <i>Sector cervecero en España</i>	11
2. Descripción de Equipos.....	17

2.1 Diagrama de la unidad	17
2.2 Componentes y equipos.....	20
2.2.1 Descripción del equipo de elaboración de mosto.....	20
2.2.2 Descripción del panel de control EINBREW.....	22
2.2.3 Descripción Fermentador.....	24
2.2.4 Descripción embotelladora.....	30
2.2.5 Descripción taponadora.....	31
3. Manual de Operación	32
3.1 Protocolo de arranque.....	32
3.2 Acondicionamiento de la malta y agua.....	34
3.3 Protocolo de macerado.....	36
3.4 Protocolo de llenado de tanque BK.....	40
3.5 Protocolo de llenado de tanque MT para agua de lavado.....	40
3.6 Cocción.....	41
3.7 Whirlpool.....	43
3.8 Vaciado de BK a fermentador.....	43
3.9 Enfriamiento del mosto en fermentador.....	44
3.10 Fermentación.....	45
3.11 Cálculo del %ABV.....	46
3.12 Retirada de turbio frío.....	48
3.13 Refermentación y embotellado con azúcar o ingredientes azucarados.....	48
3.14 Carbonatación con CO ₂	50
3.15 Embotellado de Cerveza tras Carbonatación con CO ₂	52
3.16 Guarda de botellines hasta consumición.....	53
3.17 Protocolo de parada.....	53
4. Medidas de Seguridad.....	55
5. Caso Práctico Producción Cerveza.....	56
6. Posibles Mejoras de la Unidad.....	60
6.1 Elaboración de mosto.....	60
6.2 Tanque de fermentación.....	63
6.3 Embotellado y chapado.....	65
7. Anexo. Protocolo de limpieza y desinfección.....	66
7.1 Ollas HLT, MT y BK.....	67
7.2 Fermentador.....	68
7.3 Embotelladora.....	70
8. Referencias Bibliográficas.....	72

Índice de Ecuaciones

$\%ABV = Gravedadinicial - Gravedadfinal * 131,25$	Ecuación 1	48
$^{\circ}F = ^{\circ}C * 95 + 32$	Ecuación 2	51
$psi = 14,5038 * atm$	Ecuación 3	51

Índice de Tablas

Tabla 1. Ejemplo de Distribución granulométrica de molienda (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017)	6
Tabla 2. Acondicionamiento del agua para los diferentes estilos de cerveza (Palmer, 2013).....	6
Tabla 3. Tabla de carbonatación para los diferentes estilos.	51

Índice de Imágenes

Imagen 1. Balance de materia global (Canales, 2009).	10
Imagen 2. Consumo aparente de cerveza por canal (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022).	12
Imagen 3. Evolución de ventas HORECA (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022).....	12
Imagen 4 Distribución por años y envases (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022).....	13
Imagen 5. Ranking de fabricantes de cerveza en España.....	13
Imagen 6. Principales elaboradores de cerveza artesanal en España	14
Imagen 7. Producción de cerveza en Europa en 2020.....	16
Imagen 8. Consumo de Cerveza en Europa	16
Imagen 9. Diagrama del conjunto de ollas para la fabricación de mosto cervecero	17
Imagen 10. Fotografía de las ollas a escala real para la elaboración de mosto	18
Imagen 11. Diagrama simplificado del plano de perfil del fermentador.....	18
Imagen 12. Vista lateral inferior del panel EINBREW para las conexiones con el equipo de elaboración de mosto.....	19
Imagen 13. Vista frontal del panel EINBREW con sus diferentes botones y pantallas de displays.....	19
Imagen 14. Vista en planta del tanque HLT (Craft Hardware, 2020).	20
Imagen 15. Vista superior del tanque MT (Craft Hardware, 2020).	21
Imagen 16. Vista en planta del tanque BK (Craft Hardware, 2020).	22
Imagen 17. Detalle del visor.	22
Imagen 18 y 19. Conexiones de las sondas 3PT100 de temperatura al controlador y ollas.....	24
Imagen 20. Conexión del controlador hacia la toma eléctrica.	24
Imagen 21. Conexión del cable de alimentación eléctrica al controlador.....	24
Imagen 22. Pieza macho-macho DN25 saliente de la válvula V9.	25
Imagen 23. Manguera de conexión DN25 hacia la pieza macho-macho.	26
Imagen 24. Controlador manométrico del anillo de CO ₂ de Factoría Cruzcampo.	26
Imagen 25. Display del controlador PID de temperatura del anillo refrigerante de Factoría Cruzcampo.	27
Imagen 26. Conexión de la electroválvula hacia el controlador del anillo temperatura de Factoría Cruzcampo.	27
Imagen 27. Detalle de la electroválvula	28

Imagen 28. Salida de etilenglicol del fermentador.....	28
Imagen 29. Entrada de etilenglicol al fermentador controlado por la electroválvula.....	29
Imagen 30 . Entrada y salida (tubing de 3/8” rojo) del anillo de etilenglicol hacia el fermentador.	29
Imagen 31. Fotografía del equipo de embotellado.	30
Imagen 32. Detalle perfil de la embotelladora para entradas y salidas de CO ₂ , aire y cerveza o productos de limpieza o de desinfección.....	31
Imagen 33. Fotografía de la máquina tapadora.	31
Imagen 34. Conexiones del controlador previamente a su energización.	32
Imagen 35. Controlador EINBREW en el modo PrEH.....	33
Imagen 36. Molino de malta	34
Imagen 37. Marcas C y T para la molienda de malta de trigo y cebada	35
Imagen 38. Báscula de laboratorio.....	36
Imagen 39. Malta recién triturada lista para la incorporación a la maceración.....	36
Imagen 40. Tanque MT lleno de agua para mantenimiento isoterma de HLT.	37
Imagen 41. Válvulas abiertas durante la maceración.....	38
Imagen 42. Pala de madera para mover el grano.	39
Imagen 43. Termómetro de mano.	39
Imagen 44. Válvulas abiertas durante el llenado del tanque BK.....	40
Imagen 45. Válvulas abiertas durante la etapa de lavado.....	41
Imagen 46. Válvulas abiertas durante la cocción.....	42
Imagen 47. Llenado del tanque BK.....	42
Imagen 48. Olla BK con el mosto hervido y rebosante por la mesa debido a la no retirada de la tapadera a tiempo.	43
Imagen 49. Válvulas abiertas para el llenado del fermentador.	44
Imagen 50. Foto tanque fermentador durante su llenado.	45
Imagen 51. Ejemplo de sobre de levadura sólida seca.	46
Imagen 52. Vista de las medidas en el refractómetro.....	47
Imagen 53. Refractómetro, a la izquierda. Pipeta desechable, a la derecha.....	47
Imagen 54. Probeta graduada, a la izquierda y densímetro, en el centro y refractómetro en la derecha.	48
Imagen 55. Acople DN25 a tubing 3/8” necesario para el relleno de botellines manual.	49
Imagen 56. Detalle de los botones y manómetro de la máquina tapadora.	50
Imagen 57. Diagrama de la instalación de la embotelladora durante la adición de cerveza en los recipientes.	52
Imagen 58. Desmonte de las ollas para una mejor limpieza y desinfección.	54
Imagen 59. Sobre de levadura sólida deshidratada Mangrove Jacks M41.....	56
Imagen 60. Miel utilizada en la elaboración como adjunto.....	57
Imagen 61. Cerveza recién sacada del tanque de fermentación, previo a su embotellado.....	58
Imagen 62. Análisis químico de la cerveza tras la guarda en botella.....	58
Imagen 63. Consumición de la cerveza tras maduración en botella.....	59
Imagen 64. Bolsa filtro para pequeños ingredientes	61
Imagen 65. Retirada del bagazo con espumadera de la olla MT.....	61
Imagen 66. Llenado del tanque MT poco homogéneo.....	62
Imagen 67. Serpentín.....	63
Imagen 68. Instalación de mejoras en el fermentador.....	64
Imagen 69. Airlock para la fermentación.....	65
Imagen 70. Etiqueta del compuesto básico ALCAMIX L utilizado para la limpieza.....	66

Imagen 71. Etiqueta del ácido SOPURCLEAN utilizado para la desinfección	67
Imagen 72. Instalación del llenado del fermentador para la limpieza/desinfección.....	68
Imagen 73. Diagrama de recirculación de productos de limpieza/desinfección.	69
Imagen 74. Display de la embotelladora en el modo limpieza.....	70
Imagen 75. Diagrama de la instalación de la embotelladora durante la limpieza y la desinfección.....	70

Notación

ABV	(Alcohol By Volume), porcentaje de alcohol en cerveza por cada 100 ml.
Airlock	Sello hidráulico
ALCAMIX L	Producto destinado para la limpieza de los equipos de elaboración.
Allen	Tipo de llave utilizada para la apertura o cierre del anillo de CO ₂
Android	Sistema operativo que utilizan algunos dispositivos móviles
bar	Unidad de presión
BK	(Boiling Kettle), Olla destinada para cocción del mosto
BJCP	Beer Judge Certification Program
BOIL	Abreviatura en el controlador EINBREW en la etapa cocción
CaraMunich	Tipo de malta de cebada
CO ₂	Compuesto químico
DN2	Diámetro interior de un tubo según la norma EN ISO 6708 de una pulgada
EBC	Unidad de medida para determinar el color de la cerveza
EINBREW	Marca del controlador utilizado para la elaboración de mosto cervecero
Golding	Tipo de malta de lúpulo
HLT	(Hot Liquor Tank) Tanque de agua caliente
HOP1	Abreviatura en el controlador EINBREW en la 1ª adición de lúpulo
HOP2	Abreviatura en el controlador EINBREW en la 2ª adición de lúpulo
HORECA	Sector de Hostelería, Restauración y Catering
IBU	Unidad de medida para determinar el amargor de la cerveza
INOX GC	Marca de la tapadora y embotelladora de cerveza
iOS	Sistema operativo que utilizan algunos dispositivos móviles
Magnum	Tipo de malta de lúpulo
MT	(Mash Tank) Tanque de macerado
Munich	Tipo de malta de cebada que hace referencia a la ciudad alemana
°C	Unidad de temperatura

°F	Unidad de temperature
OFF	Estado digital para no energizar el controlador
ON	Estado digital para energizar el controlador
P1	Bomba número 1 del equipo de elaboración de mosto
P2	Bomba número 2 del equipo de elaboración de mosto
Pilsen	Tipo de malta de cebada
PreH	Abreviatura en el controlador EINBREW en la etapa de calentamiento de agua
Psi	Unidad de presión
PVC	Policloruro de vinilo
SELECT	Botón del controlador EINBREW para destinada para seleccionar
SEPTACID	Modelo de ácido utilizado para la desinfección de equipos
SET	Botón utilizado para la adición de etapas
SET POINT	Punto de consigna para la estabilización de la temperatura
SOPURCLEAN CIP OP	Modelo usado como sosa cáustica para limpieza de equipos
St1	Etapa 1 en la curva de maceración
St2	Etapa 2 en la curva de maceración
START	Botón del controlador EINBREW para seleccionar el inicio de una etapa
STOP	Botón del controlador EINBREW para seleccionar el fin de una etapa.
TIMER	Pantalla del controlador EINBREW para ver el tiempo de una etapa.
Tubing 3/8"	Tipo de tubería de diámetro interior de 3/8 de pulgada.
V1	Válvula 1 del equipo de elaboración de mosto.
V2	Válvula 2 del equipo de elaboración de mosto.
V3	Válvula 3 del equipo de elaboración de mosto.
V4	Válvula 4 del equipo de elaboración de mosto.
V5	Válvula 5 del equipo de elaboración de mosto.
V6	Válvula 6 del equipo de elaboración de mosto.
V7	Válvula 7 del equipo de elaboración de mosto.
V8	Válvula 8 del equipo de elaboración de mosto.
V9	Válvula 9 del equipo de elaboración de mosto.

1. Introducción

1.1. Definición de cerveza

La cerveza es considerada una bebida alcohólica, elaborada a través de la fermentación por levaduras de azúcares fermentables. Su base está compuesta por cebada, lúpulo, agua, levadura y adjuntos u otros ingredientes, los cuales permitirán una mejor experiencia organoléptica en el consumidor (Pérez-Escobar et al., 2017).

1.2. Ingredientes

1.2.1 Malta

El principal cereal necesario para la elaboración de esta bebida es la cebada, ya que esta suministra los hidratos de carbono, proteínas, grasas y parte de los minerales necesarios para su obtención. Además, más adelante es transformada en extracto fermentable. El hecho de que tenga un alto contenido en almidón y que la cáscara siga adherida al grano aún después del malteado convierte este cereal en ideal para su utilización (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

Por otro lado, los adjuntos son los cereales que se utilizan para aportar las propiedades que no son suficientemente sustentadas por la cebada y que pueden complementar estos requisitos. Estos cereales pueden ser el maíz, el trigo, el arroz o el sorgo (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.2.2 Agua

El agua es el medio en el que transcurrirá todo el proceso, tanto como en su producción, como en la limpieza y desinfección de los equipos. Este elemento, cuantitativamente, es la mayor porción usada para la producción de cerveza. La obtención y el tratamiento del agua (dureza del agua, pH, sales disueltas, etc.) son de especial importancia para el cervecero, pues esta influye en la percepción organoléptica del consumidor, tanto como cualquier otro ingrediente o materia prima que se emplee en la elaboración (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.2.3 Lúpulo

En cuanto al lúpulo, este es el ingrediente que se encarga de aportar amargor y aroma a la cerveza. Es una planta trepadora, perenne, dioica de la familia cannabácea y del grupo de las urticáceas. De esta planta, solo interesa las inflorescencias femeninas. La mayor parte de la cosecha de lúpulo es transformada en extracto y pellets, siendo solo una pequeña parte de esta, la añadida como lúpulo natural (Pérez-Escobar et al., 2017).

1.2.4 Adjuntos

Otros ingredientes o materias primas que pueden formar parte de la cerveza son, por ejemplo: los alcoholes destilados, especias como canela, jengibre o el tomillo, frutas como el melocotón, la naranja, el mango o la papaya, u otros ingredientes, como podrían ser conchas de ostras, agua de mar salada, cacao e infinidad de ingredientes o combinaciones que permiten que el consumidor

tenga una mejor experiencia bebestible, llevando el paladar a otro nivel (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.2.5 Levadura

Por último, la encargada de confeccionar la receta a la perfección será la levadura. Esta transforma, mediante el proceso de fermentación alcohólica, los azúcares en alcohol y CO₂ sin necesidad de aire. Dependiendo de la levadura que se utilice, la cerveza podrá tener características diferentes (sabor, aroma, textura, etc.). Además, esta seguirá diferente metodología en la etapa de fermentación (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.3. Historia de la Cerveza

Se han encontrado evidencias de producciones de cerveza en las diferentes partes del mundo desde hace miles de años. Se han encontrado indicios en China de 7.000 años de edad y alrededor del año 5.000 a.C en Mesopotamia, principalmente en la región de Sumeria. Las tierras fértiles cercanas a los ríos Tigris y Éufrates hicieron posible este hito, y consecuentemente los babilónicos. En torno al año 3.000 a.C. se extendió esta práctica hacia Egipto y Europa. Más adelante, hacia el año 500 antes de nuestra era en la antigua Grecia la cerveza empezó a ser sustituida por vino, debido a sus grandes extensiones de cultivo dedicado a la viña y, posiblemente, también a la imposición de que el vino sea una bebida más civilizada. No fue hasta el siglo V d.C. donde las invasiones germánicas devolvieron a la cerveza el protagonismo en Europa (Kunze, 2006).

Con la llegada del imperio carolingio, los monasterios se convirtieron en importantes centros de producción alcohólica, destacando así los de la zona del norte de Europa, donde la climatología es más próspera para el cultivo de cereales como la cebada. Esta producción era destinada al consumo propio de los monjes y peregrinos, hasta que con el tiempo se le permitió al clero vender su cerveza, siendo en los siglos XII y XIII cuando comenzó a emerger este negocio (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

El consumo de cerveza en aquella época era tan alto que podría aproximarse a los 5 litros diarios. Esto se debía a la existencia de un agua generalmente contaminada, mientras que la que formaba parte de la cerveza había sido anteriormente hervida, libre de contaminantes además de aportar nutrientes exentos en su dieta. Este brebaje se utilizaba asimismo con fines terapéuticos (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

En el siglo XIV, los monasterios empezaron su declive como centros de producción. Siendo apartados poco a poco por la industria laica cervecera. Esta decadencia fue influenciada por decisiones políticas derivadas de la necesidad de compensar los atributos impositivos del *gruit* mediante la aplicación de un impuesto que recaía exclusivamente en la cerveza. Como los monasterios estaban hermanados con las parroquias de cada ciudad y no pagaban impuestos sobre ello, los gobiernos locales privatizaron la producción de cerveza para defender sus ingresos locales (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

El *gruit*, mencionado con anterioridad, es una combinación de hierbas que aportan amargor y aromas, además de efectos antioxidantes y conservantes a la cerveza. Hay indicios de que se utilizaba el lúpulo desde los años 800, sin embargo, la difusión de esta planta a lo largo de Europa fue muy despacio, proporcionado por el impuesto sobre la base tributaria local en muchas regiones. El lúpulo aun habiendo sido descubierto sus innumerables propiedades, quedó prohibido en Alemania, Gran Bretaña y Holanda, países en los cuales los gobiernos habían considerado esta producción como una posible pérdida de recaudación fiscal. La motivación era que la cerveza lupulada no sabía igual que la cerveza del antaño estilo. No obstante, en 1516 Guillermo IV de Baviera establecía que la cerveza solo debía ser elaborada con lúpulo, agua preferiblemente de manantial y cebada malteada (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

Posteriormente, el consumo de cerveza se incrementó entre finales del siglo XIV y XV, tras la aparición de la peste negra y como sustituto del agua contaminada de aquella época. Otro aumento de la demanda de cerveza se ve ocasionado por la existencia de un gran número de comerciantes, que recorrían distintos mercados, ferias regionales y gran cantidad de lugares como las tabernas o posadas, donde su acogida consistía en dormir, comer y beber (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

El crecimiento de mayores negocios cerveceros dio lugar a un elevado control gubernamental de su implantación a través de la aparición de nuevos impuestos y leyes para controlar la fabricación de la cerveza (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

Gran parte de la cerveza producida en Europa se podría definir *Alt* en Alemania y *Ale* en Inglaterra. Se trataba de cervezas elaboradas con levadura de alta fermentación, a temperatura inferior a 15 °C. Una vez esta fermentaba espontáneamente, el brebaje conseguía alta graduación alcohólica y turbidez, además de un gran sabor (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014). En los años posteriores al siglo XV, se descubrió la levadura de baja fermentación, la cual, cuando es trabajada a temperaturas entre 2°C y 10°C, se depositaba en el fondo de la caldera en lugar de ascender a la superficie, consiguiendo una bebida con un mejor grado de alcohol y mayor claridad. Esta variación se convirtió en la preferida de los consumidores de la zona sur de Alemania, comenzando así el nacimiento de las cervezas tipo *Lager* (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

Para asegurar las bajas temperaturas de las cervezas Lager, se decretó en Baviera la obligación de elaborar cerveza entre las fechas de San Miguel y San Jorge, es decir, entre el 29 de septiembre y el 23 de abril, para aprovechar el frío, de esta manera los cerveceros fueron eligiendo aquellas especies de levaduras mejor adaptadas al frío (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

El siglo XVI supuso el comienzo del cierre de las producciones de cerveza en los monasterios, fenómeno ocasionado por el triunfo del protestantismo en gran parte de la Europa septentrional, donde las iglesias y demás centros fueron destruidos y los negocios privados tomaron su relevo (García-Barber y Olalla-Marañón, 2014).

Siglos después en 1842 en la ciudad de Pilsen perteneciente al imperio Austro Húngaro, se utilizó levadura de baja fermentación, empleando mostos de maltas más pálidas y con gran carga de lúpulos aromáticos. El resultado fue una cerveza dorada, muy clarificada, de bajo grado alcohólico y carbonatada naciendo así la cerveza de estilo Pilsen (Kunze, 2006).

Ya en el siglo XIX, se aumentó el campo tecnológico en cuanto al proceso de producción y de comercialización. Estas innovaciones fueron: la producción de frío y generación de vapor, la aparición de la pasteurización y el descubrimiento de que la cerveza no fermentaba de forma aleatoria. Estas innovaciones daban lugar al transporte de cerveza vía ferroviaria, marítima y fluvial, elaboración de la cerveza sin depender de la climatología, fin de las enfermedades microbiológicas de la cerveza, y por último, el cultivo diferenciado de levaduras para baja y alta temperatura de fermentación (Kunze, 2006).

1.4. Proceso de Producción en la Actualidad

Para llevar a cabo la elaboración de cerveza, se realizan los siguientes procesos (Canales, 2009):

- Limpieza y almacenamiento de materias primas.
- Malteado.
- Molienda.
- Maceración.
- Filtración.
- Cocción.
- Fermentación.
- Pasteurización.

- Guarda.
- Envasado.

A continuación, se detallarán cada uno de los procesos mencionados.

1.4.1 Limpieza y almacenamiento de materias primas

Se recibe el grano de cebada normalmente mediante camiones de descarga. La limpieza del grano es imprescindible para el malteado, por tanto, se retiran de los granos de cebada los sólidos gruesos, elementos metálicos, granos partidos, sólidos inorgánicos, etc. Mediante técnicas de cribado por tamices, electroimanes y/o mesas densimétricas. El transporte a los silos se hace en seco mediante cintas transportadoras, tornillos sin fin, cangilones, etc. (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.4.2 Malteado

El proceso de malteado consiste en la germinación parcial y controlada de cereales, en especial la cebada, que termina con un secado, obteniéndose así la malta (Canales, 2009).

Para entender por qué se maltea la cebada, es necesario conocer previamente la estructura y composición del grano de este cereal. Se pueden diferenciar 3 estructuras principales (Hough, 1990):

- El germen o embrión del que, tras la germinación, se producirá la futura planta.
- El endospermo, lugar donde se encuentra el almidón insoluble, el cuál alimenta al germen y la plántula durante la germinación.
- La cascarilla, cuya función es encapsular las estructuras anteriormente mencionadas.

Cuando se da inicio a la germinación, el germen produce enzimas que transforman el almidón insoluble del endospermo en soluble. En este instante, la germinación se para, aportando calor para evitar que el almidón soluble se sobrepase en azúcares. Estos serían utilizados como alimento para el embrión germinado. De este modo, la malta contiene los hidratos de carbono y las enzimas necesarias para obtener el mosto fermentable (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

En el proceso de germinación se distinguen 3 etapas: remojado, germinación y secado.

- Etapa de remojado: el objetivo principal es elevar la humedad del grano hasta acercarse al 44% para dar inicio al proceso de germinación. Además de la eliminación de material flotante. Esta fase se lleva a cabo por inmersión completa del grano en tanques cilindro cónicos o de fondo plano. Su duración es de aproximadamente un día y medio. La temperatura del medio ronda entre los 10 y 26 °C y el grano aumenta su contenido en agua hasta el 30-50% (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).
- Etapa de germinación: se centra en la iniciación del proceso natural de producción de enzimas, las cuales favorecen entre otras cosas la transformación de los azúcares presentes en el endospermo. Este proceso dura entre 4 y 6 días a una temperatura entre 12 y 20 °C. Durante la germinación se forma una serie de enzimas, siendo las principales (Hough, 1990):
 - a) Amilasas, las cuales desdoblan el almidón. Se distingue la alfa amilasa y la beta amilasa.
 - b) Hemicelulasas, que se encargan de separar la hemicelulosa.
 - c) Proteolíticas, que están reunidas en dos grupos, las proteasas que extienden las proteínas complejas hasta el estado de polipéptidos y péptidos, y las peptidasas, que desenrollan los polímeros de las proteínas hasta hacerlos aminoácidos.
 - d) Fitinas, que su función es la de desplegar la fitina en fosfatos e inositol.
 - e) Oxidasas, que son complejos activos del grupo respiratorio que se diferencian dos; las peroxidasas, que activan solo el oxígeno de los peróxidos y la catalasa, que fracciona el peróxido de hidrógeno.

- f) *Betaglucanasas*, que son enzimas que hidrolizan los *betaglucanos*.
- Etapa de secado: El propósito de esta etapa es paralizar la germinación, sometiendo la malta a un tostado mediante aire caliente, para así favorecer una buena conservación del grano, minimizando el grado de humedad y confiando el color y los aromas que van a asignar el tipo de cerveza a producir posteriormente. El secado se prolonga entre 18 y 30 horas en el caso de hornos de un solo piso, y entre 32 y 48 horas si los hornos a utilizar son de dos pisos. En función del tiempo y temperaturas empleadas se consiguen maltas pálidas, como *Pale Ale*, *Lager*, *Pilsen*, maltas de alto horneado como *Viena o Munich*, y maltas tostadas como *Biscuit*, *Chocolat o Victory* en orden ascendente de temperatura (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.4.3 Molienda

Tras obtener la malta de cebada, se realiza una molienda de la misma. Este proceso transforma los granos en un producto con una granulometría determinada. Las características más relevantes son (Canales 2009):

- El nivel de finos de resultante del endospermo. Interesa, en principio, que resulte lo más fino posible, pues esto permitirá un mayor contacto con el agua durante la etapa de maceración.
- El nivel de fisura de la cascarilla. Al contrario que en la anterior característica, no debe romperse en gran cantidad la cascarilla, ya que esta actúa de filtro natural en la etapa de filtrado y lavado.

Normalmente, es aconsejable una molienda más fina cuando la malta esté menos modificada, es decir, mayor contenido en agua. En este caso se elaborará una etapa de maceración corta y a su vez un tiempo reducido en filtración y lavado (Canales, 2009).

Existen dos tipos de molienda: una molturación del grano gracias a un molino de rodillos (respetando la integridad de las cáscaras) o una trituración si se tiene un molino de martillos (considerando la finura del endospermo) (Canales, 2009).

A su vez, se puede clasificar la molienda en función de si se realiza en seco o en vía húmeda.

La hidratación de la malta, previa a la molienda, se denomina acondicionamiento. Esta práctica es habitual en plantas cerveceras que disponen cubas-filtro. La cascarilla se usa como lecho filtrante y es necesario evitar que se dañe (Canales, 2009).

La molienda en húmedo puede realizarse de dos formas diferentes. El sistema clásico consiste en que la malta es inicialmente remojada con agua a una temperatura entre los 30 y 50 °C. Durante 15 y 30 minutos, el agua circula hasta alcanzar cierta humedad uniforme en el grano. Luego, se procede a la molturación del grano, la harina se mezcla con el agua y se envía directamente a la cuba de maceración. La alternativa al sistema clásico consiste en remojar el grano con agua a 75°C durante 60 segundos. Con este ligero remojo se consigue aumentar la humedad un 20%, quedándose seco el endospermo (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

Por otro lado, en la molienda en seco se muele el grano entero incluyendo la cascarilla. Cuando se realiza de forma industrial, el material molido puede almacenarse en depósitos intermedios antes de ser añadidos a la cuba de maceración. Para una molienda en seco y considerando un gran nivel de finos, se utiliza un filtro prensa. En cambio, cuando se realice una molienda húmeda y con poca fisura de la cascarilla, sería conveniente utilizar cuba filtro en la etapa de filtración y lavado (Canales, 2009).

A nivel industrial, realizando una separación del material sólido con 5 tamices de diferente luz de malla, y en función de si la planta tenga cuba filtro o filtro prensa, se puede considerar adecuada esta distribución granulométrica:

Tamiz	Fracción	Luz de malla	% en peso según equipo de filtración	
			Cuba filtro	Filtro prensa
1	Cáscara	1,27	18	11
2	Sémola Gruesa	1,01	8	4
3	Sémola Fina 1	0,547	35	16
4	Sémola Fina 2	0,253	21	43
5	Harina	0,152	7	10
Fondo	Harina De Fondo	-	11	16

Tabla 1. Ejemplo de Distribución granulométrica de molienda (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017)

1.4.4 Tratamiento del agua

El agua utilizada en la obtención de cerveza debe tener la autorización sanitaria correspondiente. Sin embargo, existen tratamientos a poder realizar dependiendo del tipo o estilo de cerveza a conseguir, como la decoloración, descarbonatación, adición de sales para ajustar iones y pH, etc. (Palmer, 2013).

En la siguiente tabla se presentan algunos estilos de cerveza y el agua de la ciudad donde se elabora, junto al análisis de sus iones más representativos:

Ciudad	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Cl ⁻	Estilo de cerveza	Características del agua
Pilsen	10	3	3	4	3	4	Pilsener	Baja Dureza y alcalinidad (pH macerado óptimo). Aroma suave a rico pan fresco. Falta de sulfato equilibrado amargor del lúpulo.
Dortmund	225	40	220	120	60	60	Export Lager	Mayor presencia de minerales: Carácter de malta y menos a lúpulo.
Viena	163	68	243	216	8	39	Viena Lager	Similar a Dortmund con menos Ca (hay que balancear los carbonatos) y le falta Na y Cl para los aromas
Múnich	109	21	171	79	2	36	Oktoberfest	Agua moderada en la mayoría de los minerales, alcalinidad alta. Suaves aromas por usar maltas oscuras para balancear los carbonatos y acidificar macerado. Bajo sulfato: amargor lúpulo equilibrado y aroma malta dominante.
Londres	52	32	104	32	86	34	British bitter	Niveles altos de carbonatos: uso de maltas oscuras. Cl y Na altos suavizan aromas
Edimburgo	100	18	160	105	20	45	Scottish Ale	Similar a Londres, con mas bicarbonato y sulfatos. Soporta cuerpo de malta más definido, usando menos lúpulo.
Burton	352	24	320	820	44	16	Indian Pale Ale	Alto nivel de sulfato y bajo nivel de Na produce un amargor de lúpulo limpio y definido. Cervezas más amargas balanceadas por el cuerpo mayor y el nivel de alcohol.
Dublín	118	4	319	54	12	19	Dry Stout	Mayor bicarbonato produce cerveza más oscura. Bajo niveles de Na, Cl y sulfatos produce amargor de lúpulo adecuado para balancear la malta.

Tabla 2. Acondicionamiento del agua para los diferentes estilos de cerveza (Palmer, 2013)

Si el análisis del agua no corresponde o está muy alejado al estilo de cerveza a elaborar, se necesitará tratar esta composición con los tratamientos ya mencionados anteriormente (Palmer, 2013).

1.4.5 Maceración

En esta etapa, la malta molida junto con los adjuntos se añade y se mezcla en agua caliente. Las enzimas desprendidas por la malta disocian sus componentes sólidos, liberando diversos

compuestos que forman una disolución. La función principal de esta etapa es obtener un alto rendimiento de extracto de la mejor calidad posible (Canales, 2009).

En el caso de la adición de adjuntos, se tratan estos por separado en una caldera distinta a la de maceración de la cebada, dejando así el almidón en las condiciones especiales para la hidrólisis enzimática (Canales, 2009).

Durante la maceración, las enzimas proteolíticas hidrolizan las proteínas liberando polipéptidos y sustancias nitrogenadas menos complejas. Las peptidasas degradan más tarde los polipéptidos en aminoácidos a una temperatura entre 45-50°C (Canales, 2009).

Si se aumenta la temperatura en un rango entre 62-65°C, se degradará el almidón a causa del efecto de las amilasas, dando lugar a dextrinas, glucosas y maltosas. Si se deseara obtener otros azúcares, se utilizará una temperatura entre 70-75°C (Canales, 2009).

Para lograr los diferentes tipos de cerveza que existen hoy en día, se diseña una “rampa” de temperaturas crecientes, donde se escoge los parámetros de temperatura, tiempo de maceración, pH, agitación de la mezcla, etc., convenientes para cada receta cervecera (Hough, 1990).

1.4.6 Filtración del Mosto

El objetivo de esta etapa es separar los compuestos insolubles (bagazo) del mosto cervecero. Para ello, se empleará la cuba filtro, un recipiente cilíndrico con un doble fondo. El bagazo se retira del fondo ranurado mientras que el mosto cervecero circula por el doble fondo. Estas cubas son generalmente de lecho de medio metro de profundidad, dando lugar a una recuperación bastante alta del mosto (98-99%), ocupando un tiempo de 2-3 horas de operación. Una vez evacuado el primer mosto, se hace un lavado del bagazo con agua caliente para obtener una mayor cantidad del mismo (Canales, 2009).

Otra alternativa para conseguir el objetivo planteado sería a través del filtro prensa, que ocupa menos espacio que las cubas filtro y a su vez trabaja con malta más molida. Su tiempo de operación es de 1,5-2,5 horas con una recuperación más alta del extracto (98-100%) (Canales, 2009).

La elección de un equipo u otro dependerá de la granulometría del grano, el espacio del que disponga la fábrica o el tiempo disponible para las operaciones entre otras. El bagazo resultante es destinado, por ejemplo, para comida de animales o repostería, considerándose un subproducto del proceso de fabricación (Canales, 2009).

1.4.7 Cocción

Una vez terminado el proceso anterior, se iniciará la cocción. Para ello, el mosto será evacuado a la caldera de cocción. En ese momento será cuando se incremente la temperatura hasta conseguir la ebullición, que se prolongará entre 1 ó 2 horas. En cuanto a la adición de lúpulo, este podrá añadirse en ese momento o de manera posterior, dependiendo de la receta que se desee conseguir, ocurriendo lo mismo con la cantidad (Canales, 2009).

A lo largo de esta etapa, el mostro sufre las siguientes transformaciones (Canales, 2009):

- Cese de toda actividad enzimática derivada de la malta.
- Esterilización del mosto.
- Adquisición del amargor característico de la cerveza a partir de la isomerización de los α -ácidos.
- Coagulación y precipitación de los complejos formados por proteínas desnaturalizadas y polifenoles.
- Descomposición y evaporación de compuestos volátiles que confieren sabores y aromas no deseados.
- Concentración del mosto.
- Cambio de color y pH.

- Formación de sustancias reductoras.

Según el hervidor que se utilice, las calderas pueden clasificarse en aquellas con hervidor externo o hervidor interno (Canales, 2009):

- El hervidor externo es intercambiador de calor de tubos localizado fuera de la caldera. Así, el mosto se recircula de 7 a 12 veces por hora.
- El hervidor interno, se sitúa dentro de la caldera, allí, el mosto se eleva a través de los tubos mientras se calienta con el agua sobrecalentada o vapor de agua.

Por otro lado, según la presión de funcionamiento, los equipos se podrán diferenciar en dos categorías (Canales, 2009):

- Cocción atmosférica: la cual se realiza en calderas abiertas a la atmósfera por su parte superior, utilizando un termosifón para la agitación y circulación del mosto.
- Cocción a baja presión: en la que el mosto se calienta a presión atmosférica hasta el punto de ebullición mediante un intercambiador. Más tarde, se lleva a la presurización de la instalación gracias a una subida de la temperatura, aumentando el mosto hasta los 105-112°C durante 10-15 minutos. Por último, se despresuriza por la reducción de la temperatura del mosto.

A el sistema se le adiciona generalmente la instalación de intercambiadores de calor que permiten un ahorro energético de los vahos de ebullición (Canales, 2009).

1.4.8 Whirlpool

El tanque *Whirlpool* es el equipo empleado para la clarificación del mosto, en el cual se eliminan partículas sólidas como restos de lúpulo o complejos precipitados de polifenoles. Este tanque tiene una gran agitación, que genera unas fuerzas secundarias sobre las partículas sólidas, que llevan una acumulación centrípeta de estos hacia el centro y fondo del tanque. Finalmente se extrae el mosto y se retira el turbio (Canales, 2009).

1.4.9 Enfriamiento del mosto

Tras pasar por el Whirlpool, el mosto deberá enfriarse desde los 98°C hasta los 8-12°C para cervezas de tipo Lager, o hasta los 15-20 °C para cervezas de tipo Ale (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

Al ser un gran salto térmico, se deberá priorizar el enfriar el mosto lo más rápido posible entre los 40 y 20°C, previniendo así la aparición de nuevos microorganismos en el mosto y no desperdiciar el proceso de cocción. Para ello, se utilizará un intercambiador de calor en el que se empleará agua y/o agua glicólica. Lo ideal sería utilizar un intercambiador de placas gracias a su pequeño volumen y facilidad a la limpieza. En el caso de tener poco volumen de elaboración se podría utilizar un serpentín. Si este no es el caso y existe un gran volumen a enfriar se optará intercambiador carcasa y tubo (Canales, 2009).

1.4.10 Fermentación

La fermentación es la reacción principal que convierte el mosto enfriado en cerveza, a través del metabolismo de la levadura. En el caso de la cerveza, esta es de tipo alcohólica, pues consiste en la generación de alcohol y dióxido de carbono a partir de azúcares provenientes del mosto. Ya que no se necesita oxígeno, la reacción es considerada anaeróbica. La duración de este proceso y la cuantía de los azúcares transformados en alcohol dependerá de la cepa de levadura empleada y la temperatura a la que se realice este proceso (Canales, 2009).

Los productos derivados de la fermentación son: CO₂, etanol, calor (180 kcal por cada kilo de azúcar fermentado), levadura, alcoholes superiores, aldehídos, esteroides, ácidos orgánicos, cetonas

y compuestos azufrados. La composición de estos elementos dará lugar a una mezcla de sabores según la rueda de sabores (Laguna-Carrasco et al., 2016).

La fermentación puede darse en tanques cerrados (horizontales, verticales, cilíndricos o cilindro-cónicos) o abiertos a la atmósfera, en el caso de levaduras de fermentación espontánea. El dióxido de carbono desprendido de la fermentación suele recogerse en un sistema de recuperación y acondicionamiento para su posterior tratamiento. Al ser una reacción exotérmica, será necesario la refrigeración de los tanques para la mantener la temperatura constante. El fluido que cumple con la función refrigerante puede ser agua, agua glicolada y/o amoníaco (Laguna-Carrasco et.al, 2016).

Dependiendo del tipo de levadura empleada durante la reacción, el exceso se depositará en el fondo del fermentador en el caso de las cervezas de tipo Lager, o en la cabeza del tanque en las de tipo Ale. Este exceso podrá utilizarse en futuras elaboraciones de cerveza siempre que se le añada levadura nueva que equilibre la pérdida de sus propiedades (Boto-Fidalgo y Boto-Ordoñez, 2017).

1.4.11 Guarda

La Guarda o maduración tiene como principal objetivo el almacenamiento de la cerveza a bajas temperaturas, con la finalidad de la precipitación de sólidos, saturación de CO₂ y la adquisición de ciertas propiedades características de la cerveza. El tiempo de maduración puede oscilar entre los 3 y los 30 días, y la temperatura variará entre -1 y 4°C, pudiéndose llevarse a cabo en los mismos tanques de fermentación o en otros diferentes (Canales, 2009).

1.4.12 Clarificación

En esta fase, el principal objetivo será controlar la calidad de la claridad y retrasar que se produzca el enturbiamiento natural de la cerveza, hasta la fecha de consumo de la misma. Esta clarificación se puede realizar a través de filtros de tierra de diatomeas, de cartones, de membrana, o mediante filtración tangencial combinada con la centrifugación (Canales, 2009).

1.4.13 Pasteurización

Una vez realizada la clarificación se somete la cerveza a un proceso de eliminación de microorganismos para la mejora organoléptica y conservación más duradera de la cerveza. Esta pasteurización trata de dar un salto térmico hasta un rango de temperaturas entre 60-72°C para luego enfriarse hasta aproximadamente los 0 °C. Este proceso puede darse antes o después del envasado de la cerveza. El proceso de pasteurización puede depender del fabricante (Canales, 2009).

1.4.14 Carbonatación y Envasado

Este proceso cuenta con dos etapas: la carbonatación y el envasado de la bebida. En la primera etapa mencionada, la cerveza ya filtrada y pasteurizada se carbonata a través de CO₂, llegando a ciertas especificaciones dependiendo del estilo. Una vez se adicione el gas, la cerveza es enviada a los tanques de prellenado, en los cuales se mantendrá la cerveza a baja temperatura. En algunas cervezas, como las de estilo Stout, se podrá hacer la carbonatación con nitrógeno, incrementando así la sensación organoléptica. En la etapa de envasado, la cerveza será introducida en diferentes recipientes, como latas, botellines o barriles, quedando así lista para su consumo. En la Imagen 1, se puede ver una representación de un balance de materia teniendo como base de cálculo 1 hl de cerveza envasada (Canales, 2009).

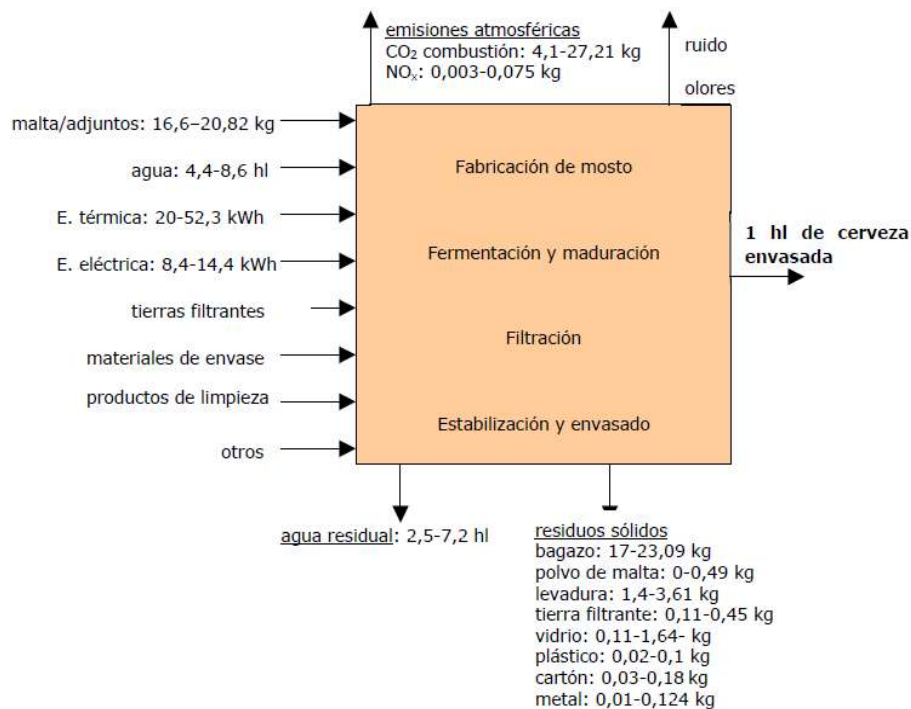


Imagen 1. Balance de materia global (Canales, 2009).

1.5 Clasificación de Cervezas

Dadas las grandes posibilidades de elaboración y debido a la gran variedad de cervezas existentes en el mundo, se han asignado “estilos” con la finalidad de poder clasificarlas según la experiencia organoléptica, los ingredientes añadidos a la receta, el origen o historia de la misma, etc. Cada estilo de cerveza se relaciona con diferentes elementos, como son el color, la graduación alcohólica, el sabor, su sensación al ser degustada, gravedad o densidad de la cerveza, dureza del agua, la cantidad y el tipo de lúpulo empleado, la levadura utilizada o la adición de adjuntos y otros ingredientes (Canales, 2009).

Según la guía elaborada por la BJCP (Beer Judge Certification Program), una organización sin ánimo de lucro que persigue fomentar la cultura cervecera, reconocer los diferentes estilos y crear una forma de evaluar la cerveza, existen más de 100 estilos. Esta guía también menciona que pueden existir muchas más modalidades dependiendo de la variedad de ingredientes. Además, estos cambian con el tiempo y son complicados de catalogar pues muchos no son tan conocidos o no tienen acceso a definirlos, debido a la gran cantidad de fábricas de cerveza repartidas por el mundo (Strong y England, 2021).

Los parámetros básicos por los que se puede valorar una cerveza pueden ser (Strong y England, 2021):

- Contenido alcohólico: el grado alcohólico suele expresarse en tanto por ciento (%) de volumen de alcohol sobre el volumen total de líquido. Este, puede estar comprendido desde el 0% (cerveza sin alcohol), llegando hasta cervezas que superen los 15% vol. Sin embargo, en la mayoría de cervezas comercializadas el rango predominante del % de alcohol suele estar entre los 3 y los 8%.
- Color: Está íntimamente relacionado por el tipo de malta usada en su producción. Para medirlo, se emplean escalas como la EBC (European Brewery Convention) o SRM (Standard Reference Method). Los valores habituales son numéricos y se relacionan con los diferentes colores. La escala varía desde los 2 a los 40 SRM y de los 4 a los 70 EBC,

siendo asociados los valores más pequeños para las maltas más claras e incrementándose para maltas más oscuras y tostadas

- Amargor: el amargor viene promovido gracias al lúpulo (cantidad, variedad, cantidad en α -ácidos y β -ácidos) además del momento y lugar del proceso de elaboración en el que se haya adicionado. En cuanto a la valoración del amargor de una cerveza, esta se hace en unidades IBU (International Bitterness Units) o cantidad de isómeros disueltos en la cerveza. El amargor de la cerveza habitualmente se sitúa entre los 15 y los 40 IBUs, sin embargo, es posible encontrar cervezas de 100 IBUs en el mercado.
- Contenido de CO₂: Su cantidad depende del tipo de elaboración. La forma cotidiana de expresar este contenido es en tanto por ciento (gramos de CO₂ por cada 100 gramos de cerveza). Normalmente se encontrará entre 0,4 y 1% de CO₂. Su cantidad depende del tipo de elaboración realizada. Suele expresarse en tanto por ciento (gramos de CO₂ por cada 100 gramos de cerveza).

El tipo de levadura empleada ofrece una de las clasificaciones más utilizadas en el mundo cervecero. Como se mencionó en el apartado de Historia de la Cerveza, estas pueden clasificarse en Ale, Lager y cervezas de fermentación espontáneas (García-Barber, Olalla-Marañón, 2014).

En el caso de las cervezas Ale, la fermentación es alta, lo cual significa que la temperatura de fermentación oscilará entre los 17 y los 24°C y la velocidad será rápida, por lo que la levadura tenderá a ir a la parte superior del tanque. los estilos más reconocidos en este tipo de fermentación son las Indian Pale Ale, Imperial Stout, Weissbier, etc. (Strong y England, 2021).

Por otro lado, en las cervezas tipo lager, la temperatura de fermentación oscila entre los 8 y los 12°C, la velocidad es baja y la levadura tiende a depositarse en el fondo del reactor fermentativo. En este caso los estilos más reconocidos en este tipo de fermentación son Pilsner, Bock, Dunkel, etc. (Strong y England, 2021).

También existen las cervezas de fermentación espontánea. En este estilo, el maestro cervecero no interviene en la siembra o introducción de la levadura en el mosto. El proceso se realiza a temperatura ambiente y son los propios microorganismos de este los que producen la fermentación. Algunas de las cervezas más comunes de este estilo son las lámbicas o *Wild Ale* (Strong y England, 2021).

1.6 Sector cervecero en España

Según los datos registrados por la industria cervecera, hostelera y el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en 2021 España se comenzó a recuperar de las secuelas derivadas de la crisis y la pandemia causada por la Covid-19 (Imagen 2). El consumo de cerveza ha incrementado, notándose un considerable cambio de consumo en 2020 y 2021 en cuanto al consumo en HORECA y el hogar (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022).

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO APARENTE DE CERVEZA POR CANAL (millones de hectolitros)⁽¹⁾

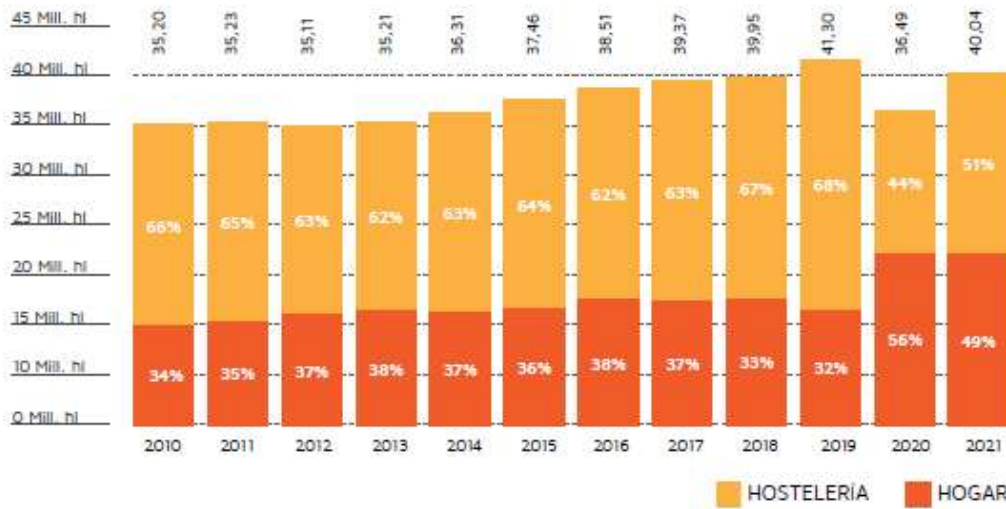


Imagen 2. Consumo aparente de cerveza por canal (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022).

EVOLUCIÓN VENTAS HOSTELERÍA MES Y ACUMULADAS - MEDIA NACIONAL 2021 vs 2019 - DIC 21⁶

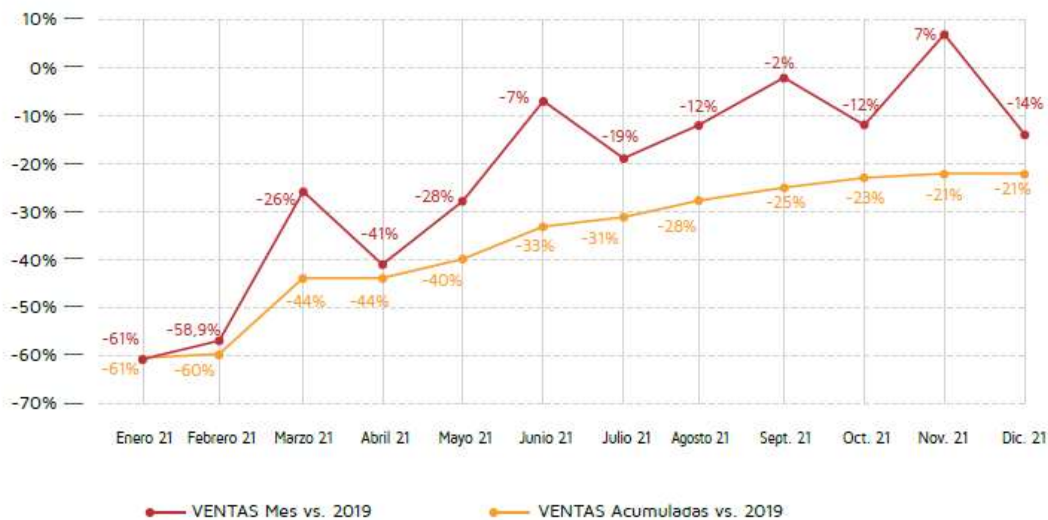


Imagen 3. Evolución de ventas HORECA (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022)

Entre las variables que influyen en el crecimiento o descenso de las ventas de cerveza en la hostelería (Imagen 3) se encuentran las diferentes restricciones de las distintas comunidades autónomas o del estado a la hostelería. Así se puede contemplar un crecimiento durante los meses de verano, pero, sin embargo, un descenso en los meses de invierno (Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación 2022).

En cuanto a la producción de cerveza en España 2021 asciende a 3,42 millones de hectolitros en con respecto a 2020, dato que se vio afectada por la pandemia, ya que se produjeron 1,41 millones de hectolitros menos que en 2019. La industria cervecera del país cuenta con marcas como Mahou y San Miguel, Damm e Hijos de Rivera, que destacan por su excelencia al estar recogidas dentro

del ranking mundial de las 40 compañías más grandes en volumen de producción (Martínez, 2022).

En la siguiente Imagen 5 se presenta el ranking de fabricantes de cerveza en España, mostrándose los centros de producción, el volumen, la facturación y las principales marcas que elaboran (Martínez, 2022).

Ranking de fabricantes de cerveza en España

Empresa	Centros productivos	Volumen (Ml)		Facturación (M€)		Principales marcas elaboradas
		2020	2021	2020	2021	
1 GRUPO MAHOU-SAN MIGUEL	Alovera (GU), Lleida, Málaga, Burgos, Granada, Córdoba y Candelaria (TF)	1.350,0	1.470,0	1.252,8	1.472,2 (1)	Mahou, San Miguel, Alhambra, Reina, San Miguel 0,0%, San Miguel Manila, etc.
2 GRUPO DAMM		1.060,0 (*)	1.200,0 (*)	1.208,4	1.488,0 (1)	
- DAMM	El Prat de Llobregat (B), Murcia y Valencia	n.d	n.d	649,9	n.d	Estrella Damm, Voll-Damm, Estrella de Levante, Inedit Damm, Saaz, Keler, Free Damm, Carlsberg.
- CERVEZAS VICTORIA MÁLAGA	Málaga	n.d	n.d	3,7	n.d	Victoria
- FONT SALEM	El Puig (Valencia) y Santarem (Portugal)	n.d	n.d	336,0 (2)	n.d	MDD y co-packing
3 GRUPO HEINEKEN ESPAÑA	Sevilla, Jaén, Quart de Poblet (V) y S. Sebastián de los Reyes (M)	950,0 (*)	1.000,0 (*)	747,8	850,0 (*)	Heineken, Cruzcampo, Amstel, Buckler 0,0%, Shandy Cruzcampo, Amstel Radler, etc.
4 CORPORACIÓN HIJOS DE RIVERA	A Coruña	341,0	436,0	479,1	610,4 (1)	Estrella Galicia, 1906, Shandy Estrella Galicia, Estrella Galicia 0,0, River, 1906 Red Vintage
5 CIA. CERVECERA DE CANARIAS, S.A.	Las Palmas y Santa Cruz de Tenerife	90,0 (*)	100,0 (*)	114,6	130,0 (*)	Dorada, Tropical, Caraperro, Stella Artois
6 GRUPO ÁGORA		73,8	80,0	127,7 (3)	83,9	
- LA ZARAGOZANA	Zaragoza	n.d	n.d	60,6	n.d	Ambar Especial, Ambar 0,0, Ambar Radler, Ambar Export, Ambar 1900 y Ambar IPA
- CERVEZAS MORITZ	Barcelona	n.d	n.d	14,3	n.d	Moritz, Moritz Epidor, Moritz IPA, Aigua de Moritz
7 LA SAGRA BREW, S.L (MOLSON COORS)	Numancia de la Sagra (TO)	2,7	4,5 (*)	4,5	8,5	Carling, Coors Light, Staropramen, Miller Genuine Draft, Blue Moon, La Sagra, Bohemia, Burro de Sancho, Madri
8 LA SALVE BILBAO, S.L.	Bilbao	1,2 (*)	2,0 (*)	1,5	1,6 (*)	La Salve
9 CERVEZAS GRAN VÍA, S.L.	Alcalá de Guadaíra (SE)	-- (4)	1,5	--	2,0 (*)	Gran vía

(*) Estimación; (n.d.) No disponible

(1) Datos consolidados de grupo, por lo que incluyen negocios y actividades ajenas a la producción de cerveza.

(2) Una parte de la facturación procede de la fabricación de refrescos.

(3) Incluye cerveza, agua, refrescos y productos vendidos de otras marcas en distribuidoras. No incluye hostelería propia.

(4) La comercialización de su cerveza comenzó en 2021

Fuente: Alimarket Gran Consumo

Imagen 4. Ranking de fabricantes de cerveza en España.

Por otro lado, en cuanto al nivel de recuperación de producción de las cervezas artesanales (Imagen 6), este ha seguido un ritmo más lento. Las que mejor han mantenido la situación ante la crisis provocada por la pandemia de la Covid-19 son “La Sagra Brew, Cervezas la Virgen, Barcelona Beer Company y Basqueland Brewing Company (Martínez, 2022).

Principales elaboradores de cervezas artesanales en España (1)

Empresa	Localidad	Ventas (M€)		Producción (l)		Marcas
		2020	2021	2020	2021	
1 LA SAGRA BREW, S.L. (MOLSON COORS)	Numancia de la Sagra (TO)	4,5	8,5	2.650.000	4.500.000 (*)	La Sagra, Bohemia, Burro de Sancho, Madrí, Blue Moon
2 BEBIDAS DE CALIDAD DE MADRID, S.L. (CERVEZAS LA VIRGEN)	Las Rozas (M)	5,6	7,2	1.510.000	1.850.000	La Virgen
3 GOOD BEER, S.L. (BARCELONA BEER COMPANY)	Barcelona	0,7	1,3	330.000	610.000	Barcelona Beer
4 BASQUELAND BREWING COMPANY, S.L.	Hernani (GUI)	1,9	2,7	450.000 (*)	600.000	Aupa, Arraun, Equinox, etc.
5 CERVEZAS LA CIBELES, S.L.	Madrid	0,9	1,0 (*)	475.000 (*)	600.000 (*)	La Cibeles
6 CERVEZAS ARRIACA, S.L.	Yunquera de Henares (GU)	1,5	1,5	520.000	540.000	Arriaca
7 CERVEZA TYRIS, S.L.	Paterna (V)	1,0	1,1 (*)	360.000	380.000 (*)	Tyris
8 CERVEZAS ARTESANALES DE CANTABRIA, S.L.	Liérganes (CAN)	1,2	1,3	338.000	386.000	Dougall's
9 CA L'ARENYS, S.L. (CERVENA GUINEU)	Valls de Torroella (B)	0,6	0,6 (*)	320.000	330.000 (*)	La Guineu
10 CERVEZAS CUENCA, S.A.	Cuenca	0,4	0,5 (*)	300.000	320.000 (*)	Dawat
11 CIA. CERVECERA DEL MONTSENY, S.L.	Sant Miquel de Balenyá (B)	1,1	1,2 (2)	304.000	319.000	Montseny
12 CERVECERA PENÍNSULA, S.L.	Alcobendas (M)	0,7	0,8	240.000	260.000	Península, Hazy Vibes
13 CERVESES LA PIRATA, S.L.	Súria (B)	0,6	0,7 (*)	200.000 (*)	250.000 (*)	La Pirata
14 PASIÓN DEL DUERO, S.L. (CERVEZAS MICA)	Aranda de Duero (BU)	0,5	0,5	200.000	250.000	Mica, Casa de Alba, Bertin Osborne, Yellow Cab
15 BASQUE BEER HOUSE, S.L.	Oiartzun (GUI)	0,7	0,8 (*)	170.000 (*)	200.000 (*)	Mala Gissona
16 B&B BREW AND SPIRITS, S.L. (BIRRA & BLUES)	Massalfassar (V)	0,2	0,7	138.000	200.000 (*)	Birra & Blues
17 NAPARBIER, S.L.	Noáin (NA)	0,5	0,6 (*)	180.000 (*)	200.000 (*)	Naparbier
18 CERVESES LA GARDENIA, S.L.	Tarragona	0,2	0,3 (*)	165.000	180.000 (*)	Rosita, Carmen
19 CERVEZAS SEGOVIA, S.L. (CERVEZA SANFRUTOS)	Segovia	0,3	0,5 (3)	75.000	160.000	SanFrutos
20 ALCUDIA COMPAÑ. CERVECERA, S.L.	Puertollano (CR)	0,5 (*)	0,5 (*)	160.000 (*)	160.000 (*)	Líber
21 CERVEZAS DOMUS, S.L.	Toledo	0,3	0,3 (*)	145.000	150.000 (*)	Domus
22 DESTILADOS Y CERVEZAS DE EXTREMADURA, C.B.	Zarza de Granadilla (CC)	0,7 (*)	0,8 (*)	130.000 (*)	150.000 (*)	Cerex
23 FRINTON DISTRIBUCIONES, S.L.	Las Rozas (M)	4,0 (4)	5,5 (4)	-- (5)	150.000	La Patrona
24 COMPANYYA ARTESANA MAIANS, S.L.	Sant Llorenç d' Hortons (B)	0,5	0,7	105.000	142.000	Espiga
25 ALTHAIA ARTESANA, S.L.	Altea (A)	0,2	0,3 (*)	90.000	120.000 (*)	Althaia
26 MONKEY BEER, S.L.	Toledo	0,2	0,3 (*)	90.000 (*)	100.000 (*)	Monkey

(*) Estimación.

(1) Ingresos totales, incluyendo el negocio de sus taprooms o cervecerías.

(2) El 96% (1,15 M€) corresponde a ventas de cerveza

Fuente: Allmarket Gran Consumo

Imagen 5. Principales elaboradores de cerveza artesanal en España

En cuanto al panorama europeo, España se coloca en el tercer puesto en cuanto a producción (Imagen 8), por debajo de Polonia y Alemania, y el tercero en cuanto a consumición (Imagen 7) tras Alemania y Reino Unido. Comparando el *on trade* (hostelería, restaurantes y catering “HORECA”) contra *off trade* (consumo en las viviendas o fuera de los comercios como supermercados, tiendas, etc.) con otros países de Europa, (Imagen 9) España se encuentra el tercero con mayor porcentaje *on trade*, tras Portugal, Malta y Grecia. Esto puede deberse a la gran influencia del turismo en estos países. España se encuentra en el cuarto puesto de los países que más importa y el séptimo en cuanto a exportaciones. Sin embargo, en cuanto a la generación de empleo e inclusión laboral al sector, (Imagen 10) España se encuentra en el último puesto. (The Brewers of Europe, 2021).

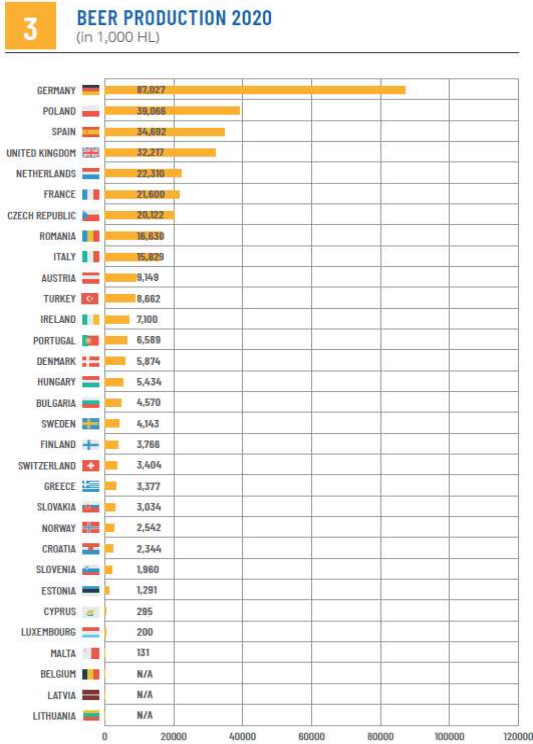


Imagen 6. Producción de cerveza en Europa en 2020.

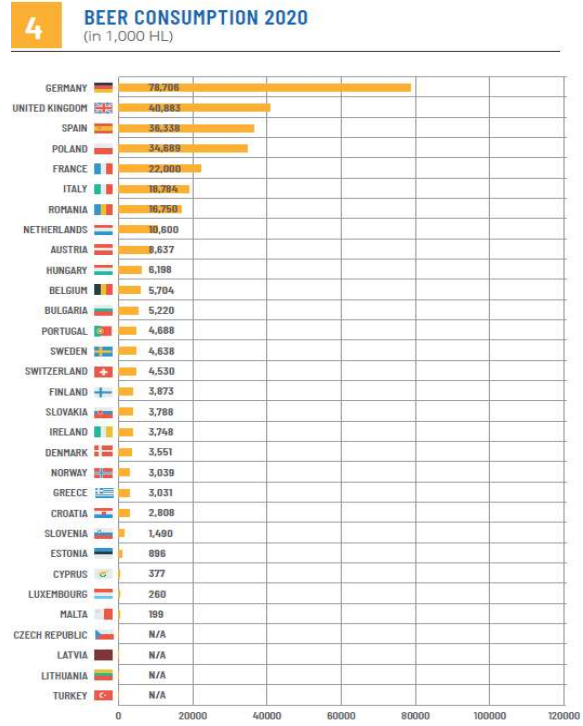


Imagen 7. Consumo de Cerveza en Europa

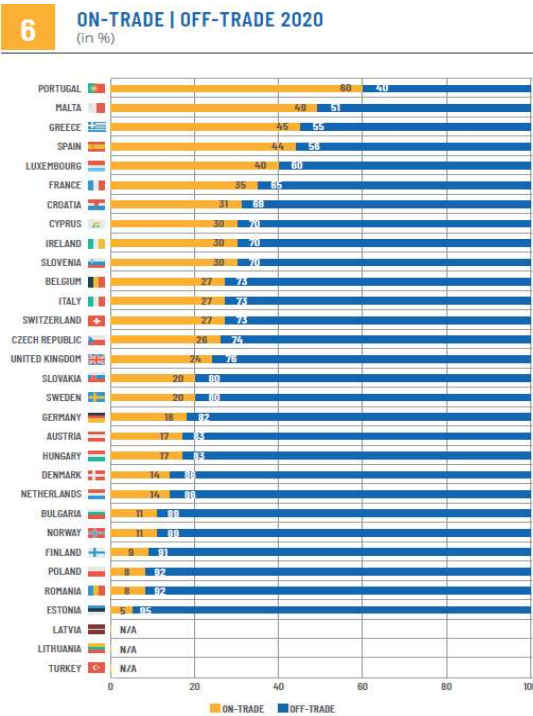


Imagen 9. On-trade/ off-trade 2020 en Europa.

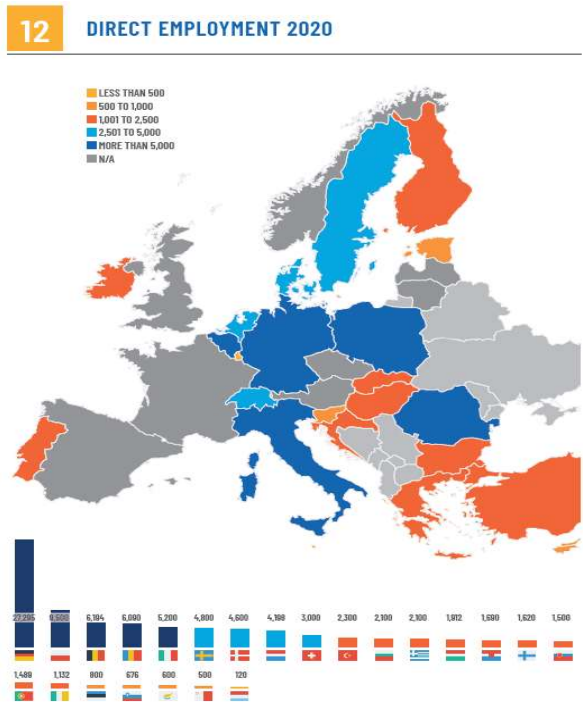


Imagen 10. Empleo directo en Europa en el sector cervecero

2. Descripción de Equipos

En este apartado se describe un sistema de producción de cerveza a pequeña escala de 60 litros, que consta de un equipo de elaboración de mosto, un fermentador cilindro-cónico, un sistema de control, una embotelladora y una tapadora. El equipo de elaboración de mosto cuenta con tres ollas: HLT, MT y BK, 9 válvulas, un visor y dos bombas centrífugas para la impulsión de fluidos P1 y P2 de 3,2 kW. El sistema de control de la marca EINBREW 3V2P se encarga de controlar la temperatura y el tiempo para realizar las operaciones principales como la maceración, la cocción y el Whirlpool de forma automática. Además, tiene la capacidad de programar recetas cerveceras y cuenta con alarmas lumínicas y acústicas para avisar del final de cada etapa. El fermentador de 60 litros cilindro-cónico transforma el mosto cervecerero en cerveza y la embotelladora y la taponadora se utilizan para su envase.

2.1 Diagrama de la unidad

En este apartado, se van a mostrar los planos y/o imágenes más representativas de los equipos que conforman la unidad. En la Imagen 9 y 10, se recoge un esquema del equipo de elaboración de mosto.

Gracias a un sistema de colores se pueden visualizar qué tuberías son flexibles y cuales son rígidas, turquesa y rojo, respectivamente. Así también se pueden ver donde están situados los ojos ciegos y termopares en cada una de las ollas para su correcta conexión al panel de control EINBREW.

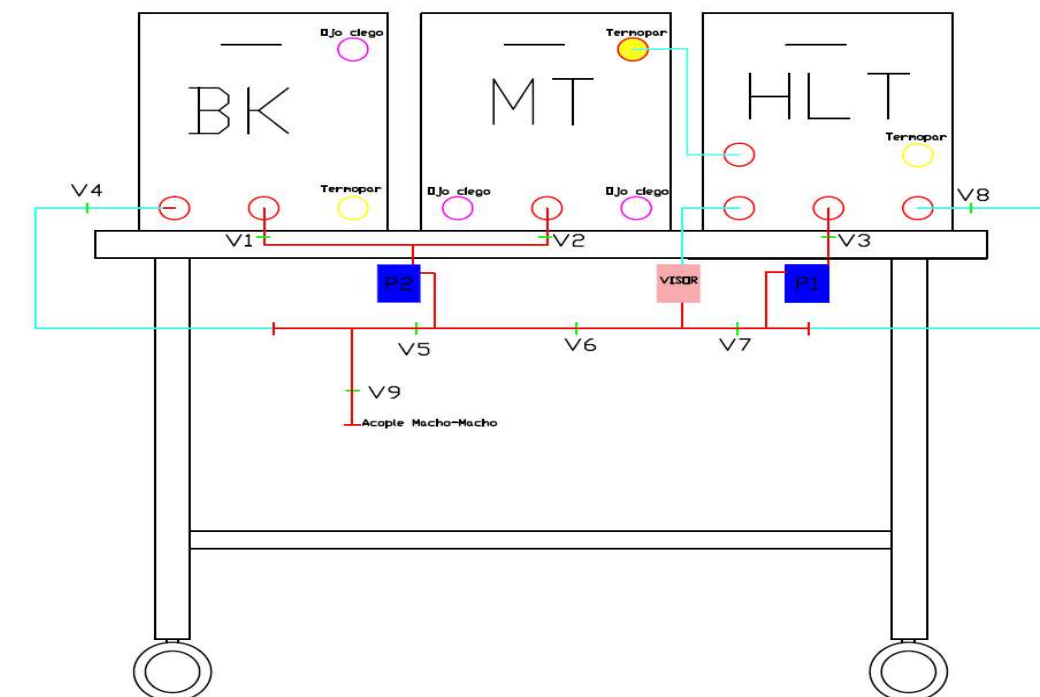


Imagen 8. Diagrama del conjunto de ollas para la fabricación de mosto cervecerero



Imagen 9. Fotografía de las ollas a escala real para la elaboración de mosto

En el siguiente diagrama (Imagen 11) se puede apreciar el esquema general del fermentador.

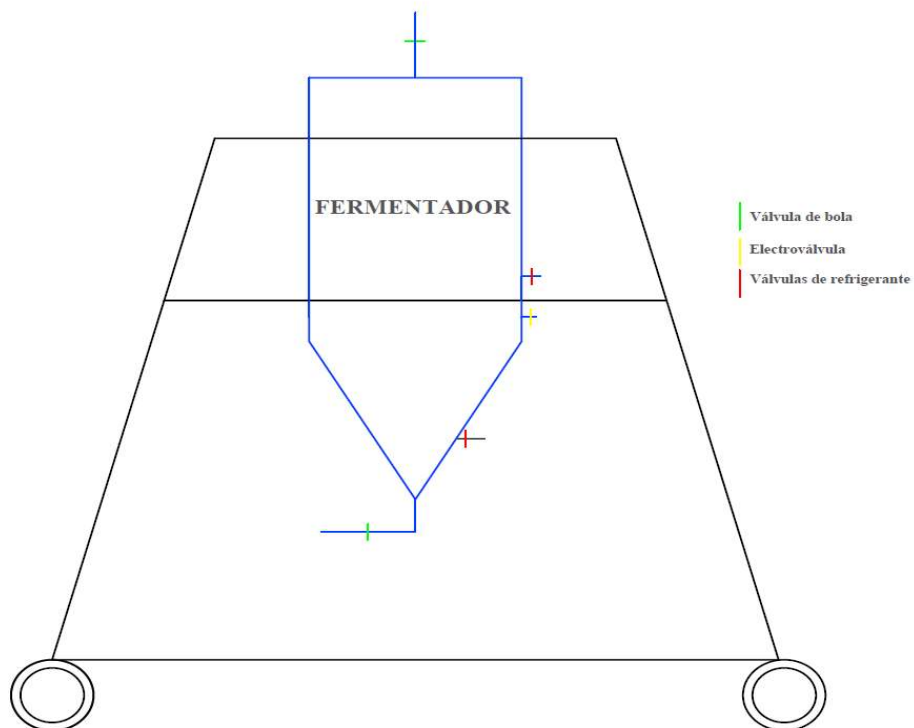


Imagen 10. Diagrama simplificado del plano de perfil del fermentador.

Para la descripción del controlador se ha utilizado la Imagen 12, en la que se puede visualizar el dorso del controlador donde se conecta la instrumentación (termopares), así como las bombas y resistencias necesarias para el proceso. También se identifica la conexión eléctrica del controlador a la red. Además del dorso, se pueden ver las diferentes pantallas o displays que presentan además de los botones (Imagen 13). Esto será elemental para la monitorización de la elaboración de mosto.

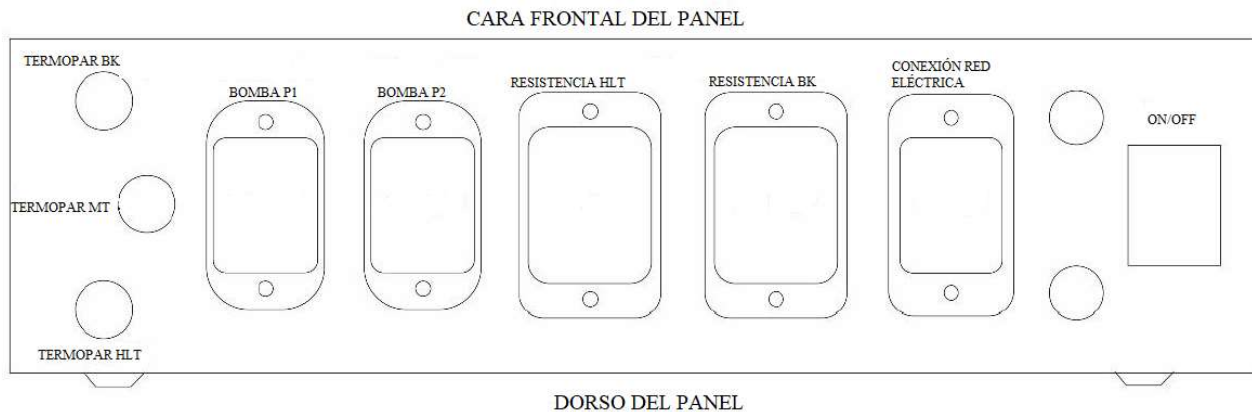


Imagen 11. Vista lateral inferior del panel EMBREW para las conexiones con el equipo de elaboración de mosto.

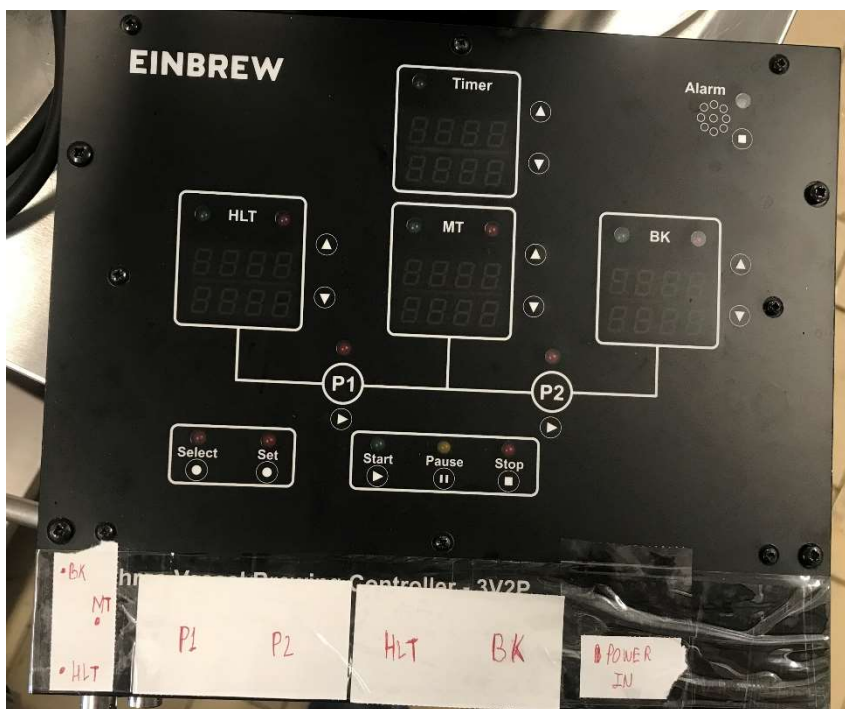


Imagen 12. Vista frontal del panel EMBREW con sus diferentes botones y pantallas de displays.

2.2 Componentes y equipos

El equipo de trabajo está formado por 5 unidades perfectamente diferenciadas:

- El equipo de elaboración de mosto de cerveza de la marca HERMS.
- El sistema de control de la marca EINBREW 3V2P.
- Fermentador cilindro-cónico de 60 litros.
- Embotelladora o máquina para el llenado de botellas de 33cl.
- Tapadora o máquina de chapado.

2.2.1 Descripción del equipo de elaboración de mosto

Comenzando por el equipo de elaboración de mosto, este cuenta con:

- Tres ollas de 57 Litros: HLT, MT y BK.
- Un rack de tuberías de una pulgada de acero inoxidable.
- Dos bombas centrífugas para la impulsión de fluidos P1 y P2 de 10 W.
- Dos resistencias para aportar calor a los fluidos durante la elaboración de 3.2 kW.
- 9 válvulas manuales de bola enumeradas como V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9.
- 1 visor para comprobar el tránsito de mostos y de fluidos entre tanques (Imagen 17).
- 5 divisores de corrientes en forma de T.
- 4 tuberías flexibles.
- La marca de este equipo es de origen alemán, más concretamente Craft Hardware.

Esta descomposición es visible en la Imagen 9.



Imagen 13. Vista en planta del tanque HLT (Craft Hardware, 2020).

Para el tanque HLT (Imagen 14), se puede ver:

- En su fondo de una resistencia eléctrica para el calentamiento de agua.
- Una entrada y salida de fluidos.
- Un serpentín para el mantenimiento isoterma del tanque MT.
- Está enrasado para un mejor llenado de este.



Imagen 14. Vista superior del tanque MT (Craft Hardware, 2020).

En la olla MT (Imagen 15), se puede ver:

- Un falso fondo, para la separación de los gramos de malta del mosto.
- Entrada de fluido por el centro, en la parte superior del tanque.
- Salida del fluido por el fondo de la olla.
- Está enrasado para un mejor llenado de este.



Imagen 15. Vista en planta del tanque BK (Craft Hardware, 2020).

En el tanque BK (Imagen 16), se puede observar:

- Una resistencia eléctrica para el aporte de calor durante la etapa de cocción.
- Una entrada de líquido con cierto ángulo en el fondo de la olla para un mejor mezclado e impulsión del mosto del líquido.
- Salida del líquido por el fondo de la olla.

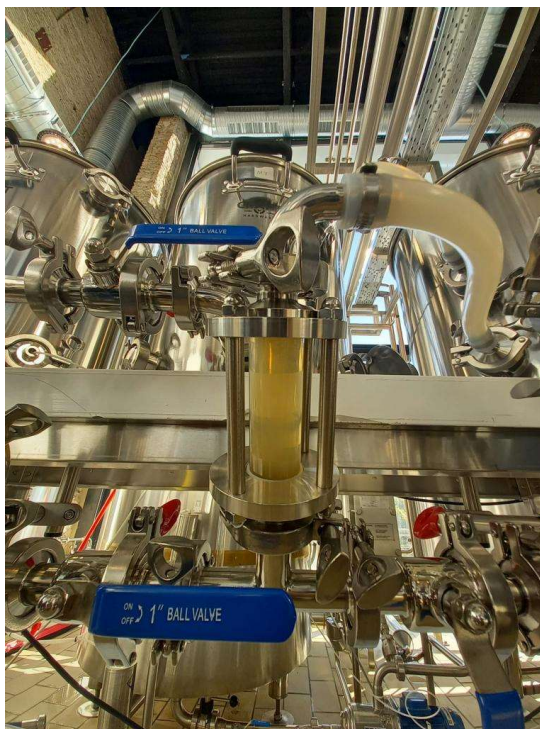


Imagen 16. Detalle del visor.

Este equipo es colocado en una bancada con ruedas de dimensiones 1500x600x60 mm con ruedas, para así mejorar su transporte de cara a la proximidad a instalaciones auxiliares o de su limpieza.

La manufacturación de los equipos es de origen alemán.

El tanque HLT se destina al mantenimiento isoterma de la temperatura en la olla MT y para el agua de lavado del grano de malta. En la olla de maceración MT se lleva a cabo el llenado de agua, acondicionamiento de la temperatura, tratamiento del agua, la adición de los cereales y el periodo de maceración. Por último, en el tanque BK se dan las operaciones de Whirlpool, cocción y trasiego del mosto hacia el fermentador.

2.2.2 Descripción del panel de control EINBREW

El sistema de control solo se conecta a los equipos de elaboración de mosto y no al fermentador. A este sistema de control se le puede indicar la temperatura y tiempo para realizar las operaciones principales como las de maceración, cocción, Whirlpool y esto se ejecutará de forma automática gracias a la conexión de los termopares y de energía eléctrica.

Especificaciones técnicas del sistema de control son:

- Sus dimensiones: 300x260x85mm.
- La corriente eléctrica de suministro es de 220V en corriente alterna con 50 Hz y con un consumo de 20W. La corriente que se necesita (incluyendo resistencias, bombas y controlador) es de 15 A.
- La precisión de medida de los termopares es de 0,1 °C, al igual que la exactitud del control de esta.

- Conexión de tres termopares, cada uno para un equipo de elaboración de mosto.
- Capacidad de programación de recetas cerveceras donde se incluirán temperaturas, tiempos de operación, tiempos de adición de lúpulo en la cocción, etc.
- Alarmas lumínicas y acústicas que avisarán de la finalización de las etapas de macerado o cocción o de los tiempos de inclusión del lúpulo.
- Fabricado en Reino Unido con la certificación CE y LVD.
- Las resistencias tienen como máximo 14 A cada una y con un enchufe de entrada al controlador IEC C19.
- Las bombas tienen como máximo 1,2 A cada una y con un enchufe de entrada al controlador IEC C14 (Imagen 20 y 21), siendo cada una controlable vía automática o manual.
- Las sondas de temperatura son sensores del modelo 3PT100 (Imágenes 18 y 19).



Imágenes 17 y 18. Conexiones de las sondas 3PT100 de temperatura al controlador y ollas.



Imagen 19. Conexión del controlador hacia la toma eléctrica.



Imagen 20. Conexión del cable de alimentación eléctrica al controlador.

2.2.3 Descripción Fermentador

El fermentador presenta las siguientes características:

- Capacidad de 60L y fabricación en acero inoxidable. Cuenta con una serie de ruedas, para que sea un equipo móvil.
- Altura de 160cm de alto y con un diámetro de 46 cm. Tiene forma cilindro-cónica lo que permite una descarga por gravedad o diferencia de presiones mucho más favorable que un fermentador cilíndrico en disposición horizontal.
- Presenta una compuerta atornillada a modo de tapa que es capaz de someter bajo presión al mosto para su óptima fermentación sin contaminación de otros gases además de permitir la correcta carbonatación de la cerveza tras su fermentación.
- Se conecta al equipo de elaboración de mosto gracias a una tubería de una pulgada DN25 (Imagen 23). Para ello, es necesario una pieza macho-macho (Imagen 22) que ha sido aportada al equipo por parte de la microcervecería.
- En cuanto a la refrigeración del fermentador, se conecta al anillo de etilenglicol gracias a un tubing de 3/8" (Imágenes 27,28,29 y 30).



Imagen 21. Pieza macho-macho DN25 saliente de la válvula V9.



Imagen 22. Manguera de conexión DN25 hacia la pieza macho-macho.

- Será necesario la instalación de etilenglicol como fluido refrigerante de Factoría Cruzcampo para la refrigeración del mosto y comportamiento isoterma durante la fermentación del mismo.
- Será necesario el anillo de gas CO₂ de Factoría Cruzcampo para la carbonatación de la cerveza.



Imagen 23. Controlador manométrico del anillo de CO₂ de Factoría Cruzcampo.

- Características de la electroválvula:
 - a) Rango de diseño de 0,2 a 16 bares.
 - b) Alimentación eléctrica de 220V en corriente alterna.
 - c) Diámetro nominal de 13mm.
 - d) Control de temperatura con 0,1°C de exactitud.
 - e) Controlador PID de temperatura de un solo lazo de la marca EUROTHERM.

Esta electroválvula se conecta al anillo de Factoría Cruzcampo mediante la siguiente conexión (Imágenes 25 y 26), y con ello se consigue un control de temperatura dentro del fermentador.

En cuanto a las variables dentro de la pantalla electrónica del controlador:

- El dato inferior sería la temperatura de fijada por nosotros como SET POINT.
- El número superior sería la temperatura dentro del fermentador aportada por la electroválvula.

La temperatura fijada será variable por los botones arriba y abajo del controlador, ya que para la etapa de fermentación será mayor que para la etapa de guarda o carbonatación.



Imagen 24. Display del controlador PID de temperatura del anillo refrigerante de Factoría Cruzcampo.



Imagen 25. Conexión de la electroválvula hacia el controlador del anillo temperatura de Factoría Cruzcampo.



Imagen 26. Detalle de la electroválvula



Imagen 27. Salida de etilenglicol del fermentador.



Imagen 28. Entrada de etilenglicol al fermentador controlado por la electroválvula.

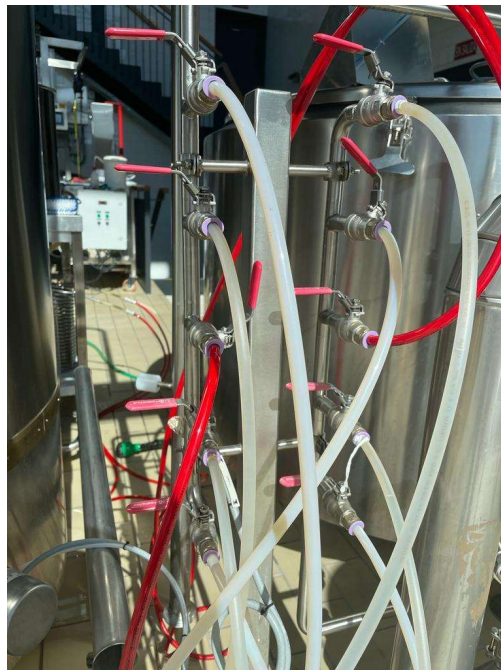


Imagen 29 . Entrada y salida (tubing de 3/8" rojo) del anillo de etilenglicol hacia el fermentador.

Este fermentador cilindro-cónico tiene como misión realizar la reacción para la transformación del mosto cervecero en cerveza gracias a la inclusión de la levadura, refrigeración del mosto tras la cocción, la carbonatación de la cerveza gracias a la presurización del tanque con CO₂ y guarda de la cerveza.

2.2.4 Descripción embotelladora

La máquina embotelladora, en general funciona en modo automático excepto para la limpieza y desinfección (Imagen31).

Características de la embotelladora:

- Conexión a la electricidad 220V en A.C.
- Conexión al anillo de CO₂ de Factoría y al tanque de cerveza gracias a tuberías de gusano.
- Llenado de 2 botellines a la vez con total automatización y solamente indicando el nivel de llenado de cada botellín y presión.
- Embotelladora isobárica de la marca INOX GC.
- Conexiones de entrada y salida de CO₂, aire y cerveza o productos de limpieza (Imagen 32).



Imagen 30. Fotografía del equipo de embotellado.



Imagen 31. Detalle perfil de la embotelladora para entradas y salidas de CO2, aire y cerveza o productos de limpieza o de desinfección.

2.2.5 Descripción taponadora

En la máquina tapadora de la marca INOX GC, solamente será necesario el posicionamiento de la chapa en la boca del recipiente y de red eléctrica (220V en corriente alterna).

Se chapan los botellines de uno en uno y únicamente pulsando dos botones, sin necesidad de esfuerzo físico por parte del operador (Imagen 33), gracias a la compresión de aire para el sellado de los envases. Por seguridad, requiere de la acción de ambas manos, la derecha presionando de forma constante y la izquierda presionando para bajar el pistón y volviendo a subir cuando se suelta.



Imagen 32. Fotografía de la máquina tapadora.

3. Manual de Operación

A través del presente manual, se detallarán y describirán las diferentes etapas que componen todo el proceso de elaboración de cerveza. Este procedimiento se ha realizado con la maquinaria e instrumentos anteriormente descritos.

3.1 Protocolo de arranque

Antes de comenzar a elaborar, es necesario realizar una correcta desinfección de los equipos (ver Anexo: Protocolo de limpieza y desinfección).

Tras realizar el protocolo de desinfección:

1. Se sitúa la mesa próxima a la canaleta, con el objetivo de obtener un drenado óptimo de residuos.
2. A la izquierda de esta, se coloca una mesa auxiliar en la que se posiciona el controlador EINBREW, así será mucho más fácil el manejo de la manguera en el caso de necesitar agua de red, evitando perjudicar el funcionamiento del controlador.

Para montar el equipo y suministrarle electricidad:

1. Se insertan las sondas de los termopares en las ollas y en el controlador.
2. Se conectan las bombas P1 y P2 a las alargaderas, y estas al controlador, asegurando previamente que los interruptores están apagados (Imagen 34).
3. Se conectan las resistencias de las ollas BK y HLT al controlador.

En ese momento, los cables deberán estar bien recogidos y puestos por la parte de atrás de la mesa, no quedando expuestos a líquidos u otros productos químicos.



Imagen 33. Conexiones del controlador previamente a su energización.

1. Insertar el enchufe del controlador en la alargadera y esta, a la red eléctrica.
2. Colocar el interruptor del controlador en modo encendido.

En ese momento el controlador EINBREW debería recibir electricidad y poder controlar todos los procesos para la elaboración artesanal de la cerveza.

Para una mejor intuición del tiempo y de la receta cervecera, se incluye en el controlador todos los parámetros de la receta cervecera. Para ello, una vez encendido este, aparecerán los siguientes displays:

1. En la sección del HLT, saldrá un indicador con luz verde sobre él, donde se mostrará en el display de TIMER la palabra PrEH (Imagen 35), aquí se insertará:
 - Una temperatura mucho mayor a la de maceración, ya que se utiliza la olla HLT para calentar y mantener isotermino el tanque MT. Una posible temperatura de referencia sería 10°C por encima de la primera etapa del escalón de maceración. Para seleccionar la temperatura, se utiliza los botones de arriba y abajo que se encuentran en la parte derecha de la pantalla HLT.



Imagen 34. Controlador EINBREW en el modo PrEH.

2. Al presionar el botón SELECT, se moverá a la sección MT para la etapa de macerado. En este momento, en el display de TIMER deberá aparecer St 1. Esta será la primera etapa de la rampa de macerado.
 - Para indicar la temperatura de este periodo se utilizan los botones arriba y abajo de MT, y en el display de TIMER se selecciona el tiempo que va a estar macerando a dicha temperatura.
 - Para añadir más etapas de maceración a la curva, se presiona el botón SET donde se visualiza St2, y se repite el proceso de selección de la temperatura y tiempo como se ha realizado con St1.
 - Para más temperaturas en esta curva de macerado se presiona el botón SET.
 El límite de etapas de macerado es de 9 (St9).
3. Presionando el botón SELECT, se desplazará la pantalla hacia la olla BK donde una luz verde encendida indicará que se está en la etapa de cocción. En la pantalla de TIMER se visualizará la palabra BOIL.

- Para seleccionar el tiempo de cocción, se presionarán las flechas de arriba y debajo de la pantalla TIMER. Para tener la mayor temperatura cercana a la ebullición del mosto durante el hervido, es aconsejable marcar el programa P100 en la pantalla BK.

El equipo de control EINBREW tiene una característica para determinar cuándo el mosto ha llegado al punto de cocción, pues este emite una alarma en el nivel de ebullición que se haya configurado (95°C de forma predeterminada). Si existe algún problema, se puede seleccionar la temperatura pulsando y manteniendo el botón de BOIL TEMPERATURE UP. Esto hará que la cocción no esté automatizada y será de modo manual.

4. Presionando el botón SET, se podrán incluir las adiciones de lúpulo en la etapa de cocción, donde se podrá ver HOP1 en la parte de debajo del display TIMER.
 - Si para HOP1 se selecciona 0 min significará que la inserción de lúpulo será justo al inicio de la cocción.
 - Si se desea una incorporación más tardía, se selecciona el tiempo con las flechas de arriba y abajo de la pantalla TIMER.
 - Para añadir otras adiciones de lúpulo se utiliza el botón SET, donde aparecerá HOP2, HOP3...
5. Al presionar el botón SELECT, en la pantalla de TIMER aparecerá la etapa de enfriamiento.
 - Como se necesita un equipo externo, se utilizará la temperatura que se desee y se pulsará el botón SELECT.

En ese momento, la receta de la cerveza estará ya dentro del controlador.

3.2 Acondicionamiento de la malta y agua

Antes de macerar se necesita saber qué calidad del agua es necesaria para la elaboración y como de gruesa o fina se requiere la malta. Para ello:

1. Se pesa la malta gracias a una báscula y se lleva al molino (Imagen 36) para triturar los cereales en seco.



Imagen 35. Molino de malta

2. Si se decide moler malta de cebada, se moverá la palanca hacia la marca de C inferior que existe (Imagen 37).
3. En el caso que se vaya a moler malta de trigo, se desplazará la palanca hacia la T (Imagen 37).



Imagen 36. Marcas C y T para la molienda de malta de trigo y cebada

4. Colocar un saco de 25 kilos bajo la apertura de la salida del triturador.
5. Colocar el interruptor en el estado ON para que el molino reciba corriente eléctrica.
6. Verter la malta a triturar por la entrada superior del molino.
7. Cuando se haya aportado toda la malta a triturar, mover el interruptor hacia la posición de apagado.
8. Retirar el saco de 25kilos de la salida del molino y llevar hacia la olla MT.

En cuanto al aporte de sales a la olla MT, es necesario saber de cuales se disponen y como conjugarlas en la receta. Para esta última acción, se dispondrá de un software para el tratamiento del agua. Dos ejemplos de software pueden ser:

- Brewer's Friends (<https://www.brewersfriend.com/water-chemistry/>)
- La aplicación gratuita para Android o iOS de Birrapps (<https://birrapps.com/>)

Si se necesita pesar la cantidad de sales o ácidos aportar al agua, se hará uso de la báscula de laboratorio (Imagen 38).

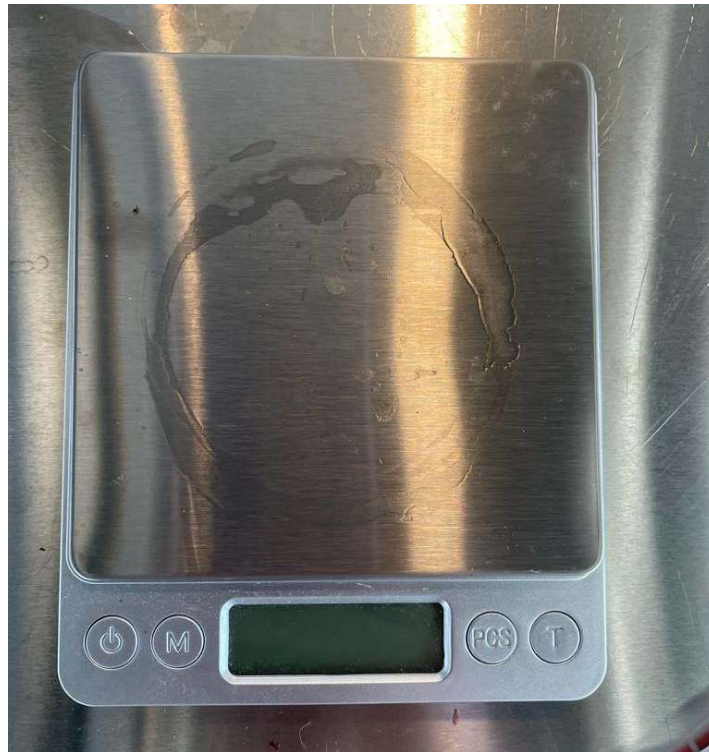


Imagen 37. Báscula de laboratorio.

El transporte de la malta será mediante sacos de 25kg (Imagen 39) para un mejor manejo de los cereales en la báscula, molino y a la olla MT.



Imagen 38. Malta en saco recién triturada lista para la incorporación a la maceración.

3.3 Protocolo de macerado

Una vez introducida la receta en el controlador:

1. Se pulsa el botón SELECT hasta la etapa de macerado.

2. Se llena el tanque de macerado con la cantidad de agua que se requiera en el tanque MT, a la misma temperatura que en la 1ª etapa de maceración.

Este agua caliente es proporcionada a partir de la instalación de la propia Factoría Cruzcampo.

Al igual que se llena el tanque MT, se introduce en la olla HLT al menos 40 litros, logrando una temperatura isoterma en la maceración a partir de la recirculación del serpentín (Imagen 40).



Imagen 39. Tanque MT lleno de agua para mantenimiento isoterma de HLT.

Una vez se tiene en MT la temperatura de maceración, se realiza el ajuste de pH a través de la adición de sales y/o ácidos según la receta cervecera.

En el siguiente paso:

1. Se añade la malta a la olla MT. Las válvulas abiertas en este proceso serán V8, V3, V6 y V2, mientras tanto todas las demás permanecerán cerradas (Imagen 41).
2. P1 y P2 estarán en funcionamiento y así se tendrán 2 circuitos cerrados de recirculación en el sistema.

Para hacer funcionar las bombas solo se tendrá que activar el interruptor de estas y, además, se mantendrá pulsado el botón del controlador de cada una de ellas.

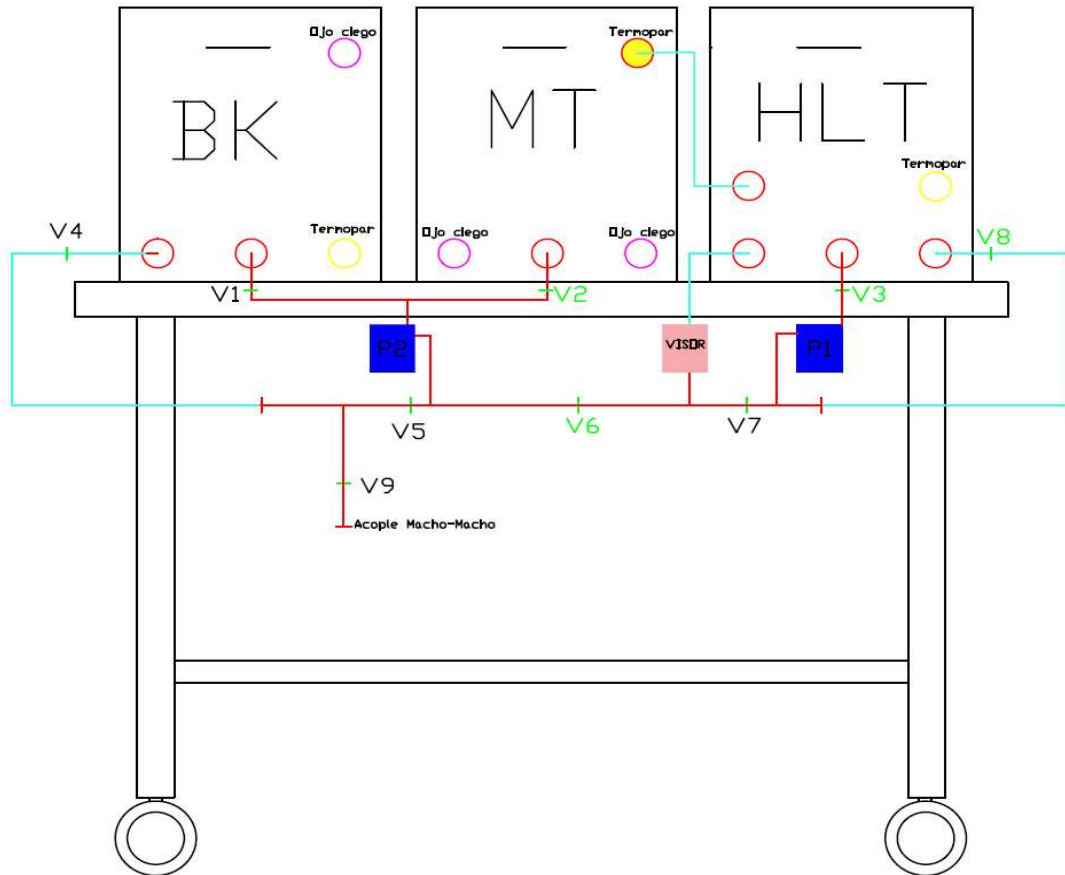


Imagen 40. Válvulas abiertas durante la maceración

Para el funcionamiento de esta operación de maceración es necesario:

- La pantalla este en MT y mantener pulsado el botón de START, donde se visualizará el periodo de maceración y las temperaturas en las ollas HLT y MT gracias a los termopares.
- Para preservar el calor se deberá cerrar la olla de maceración con su tapadera correspondiente.
- En esta etapa se podrá hacer uso de la pala (Imagen 42) para mover el grano y ayudar a la homogeneización de este. Cada vez que se utilice la pala, esta deberá de ser aclarada y dejarla en una zona higiénica.



Imagen 41. Pala de madera para mover el grano.

- En el caso de que se haya caído algo de malta u otra sustancia en el suelo, mesa o alrededores, se tendría que limpiar con agua de red de la manguera para retirarlo ya que después es más difícil de retirar.
- Si tras meter la receta previamente en el controlador EINBREW no se tiene la duración de la etapa de maceración o se desea modificar la temperatura, esta se podrá cambiar con los botones arriba y abajo del display TIMER para el caso del tiempo, y arriba y abajo en el display de MT para variar la temperatura.
- Si se desea realizar una comprobación de la temperatura y asegurar que se elabora la maceración a la temperatura correcta, se puede introducir el termómetro de mano (Imagen 43), previamente desinfectado con alcohol y haciendo uso de los guantes térmicos, en la olla de maceración.



Imagen 42. Termómetro de mano.

Al finalizar la etapa de maceración sonará y se encenderá el LED azul a modo alarma del sistema de control.

3.4 Protocolo de llenado de tanque BK

Tras haber terminado la etapa de maceración:

1. Se mantendrá pulsado el botón STOP para realizar una parada en la operación.
2. Se abriría V2, V4 y V5 (Imagen 44 y 47).
3. En estos momentos se desea llenar la olla BK y las válvulas V1, V6, V7, V9, V3, V8 deberán estar cerradas.
4. La única bomba que debe estar en marcha en el controlador es la P2.

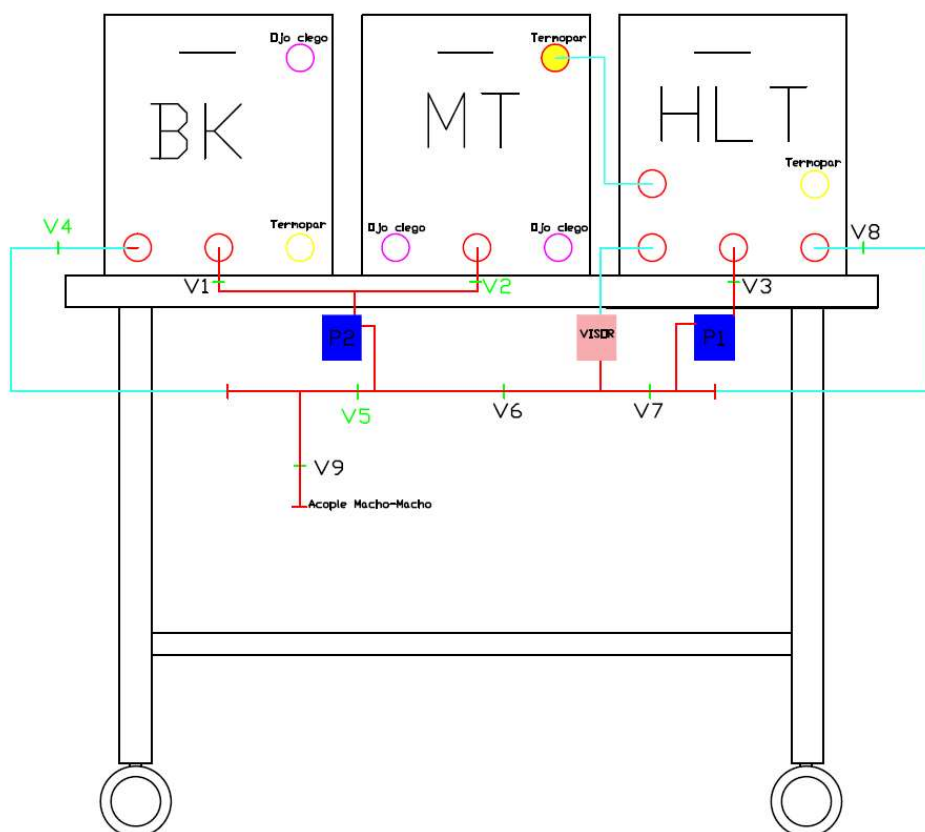


Imagen 43. Válvulas abiertas durante el llenado del tanque BK.

El llenado de la olla BK es lento ya que el mosto sin hervir atraviesa el lecho fijo de la torta de malta.

Es importante que la olla de maceración no se quede sin el nivel de agua correspondiente y que se pueda añadir agua de lavado para ese momento. Esta agua de lavado va a ser proveniente de la olla de calentamiento HLT.

El nivel del mosto en la olla será previsto como resultado de la suma del agua de maceración más el añadido en el lavado.

3.5 Protocolo de llenado de tanque MT para agua de lavado

Para el llenado de la olla MT por el tanque HLT para la operación de lavado, será necesario:

1. La apertura de las válvulas V7 y V3.
2. Se mantienen cerradas las válvulas V2, V6, V9, V8, V5, V4 y con la bomba P1 en funcionamiento (Imagen 45).
3. Es necesario que la olla HLT este a una temperatura adecuada para el lavado.

Este proceso se deberá intercalar con el proceso 3.4.

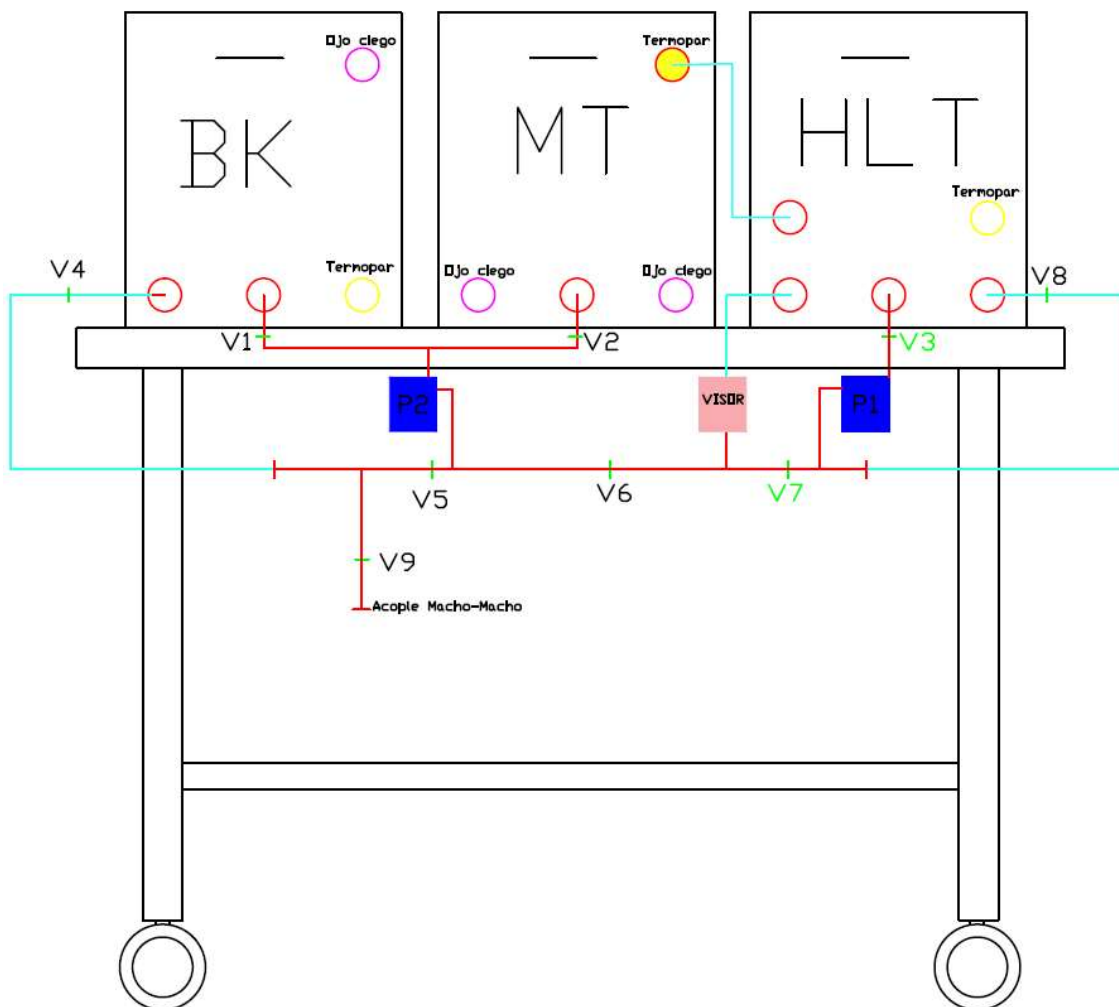


Imagen 44. Válvulas abiertas durante la etapa de lavado.

3.6 Cocción

Tras haber llenado el tanque BK hasta el nivel de mosto que se necesite:

1. Se reanuda el controlador pulsando SELECT, donde aparecerá la palabra BOIL en el display de TIMER.
2. Manteniendo pulsado el botón de START, se observará el tiempo y la temperatura del mosto.
3. En esta operación será necesario abrir las válvulas V1, V5 y V4 mientras se mantienen cerradas las válvulas V2, V9, V6, V8, V5, V4 (Imagen 46).
4. Operación continua de la bomba P2.

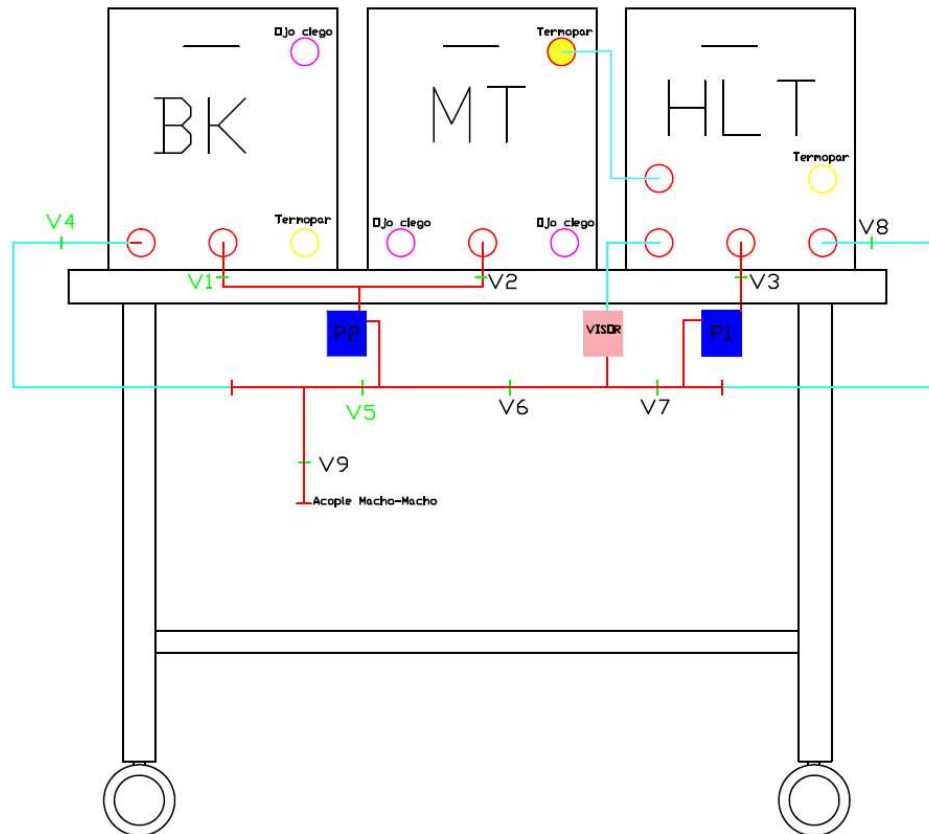


Imagen 45. Válvulas abiertas durante la cocción.

5. Para conservar la temperatura y que se caliente hasta ebullición se pondrá la tapadera de la olla, sin embargo, se necesita plena atención de esta, ya que podría hervir el mosto con la tapadera puesta y rebosar (Imagen 48).
6. Una vez que el mosto este hirviendo, se puede parar la bomba P2 ya que con el propio burbujeo es suficiente para la recirculación del mosto dentro de la olla.



Imagen 46. Llenado del tanque BK.



Imagen 47. Olla BK con el mosto hervido y rebosante por la mesa debido a la no retirada de la tapadera a tiempo.

Durante la cocción, las alarmas LED y acústicas del controlador estarán presentes en los tiempos que se ha programado las adiciones de lúpulo en esta operación. Para que dejen de sonar, se dejará pulsado el botón ALARM situado en la esquina izquierda del controlador EINBREW (Ver imagen 35).

3.7 Whirlpool

Superando el periodo de tiempo en la etapa de la cocción, se mantiene pulsado el botón STOP del controlador.

En esta operación se tratará de recircular durante 10 min con la bomba P2 encendida y las válvulas V1, V4 y V5 abiertas. Al transcurrir este tiempo, se parará la bomba P2 durante 5 min para apaciguar el movimiento y que se concentre el lúpulo que no se desea en la cerveza en el centro de la olla BK. Al ser las mismas válvulas abiertas que en la cocción, se toma como referencia la Imagen 46.

No se tiene ningún problema en que se enfríe el mosto en este momento, ya que, apagando el controlador, este tiene una sinergia de 2 grados y medio Celsius al alza tras su apagado.

3.8 Vaciado de BK a fermentador

Cuando el Whirlpool haya terminado:

1. Se desinfecta el tanque fermentador. Ver anexo.
2. Se extrae una muestra de mosto para la medición de su densidad. Ver 3.11
3. Se anota el valor del densímetro para el posterior cálculo del % ABV. Ver 3.11
4. Se conecta al terminal de esta la manguera de 1 pulgada (DN25), que conectará con la boca de la válvula inferior del fermentador.
5. Se abre las válvulas V1, V4, V5 y V9 mientras todas las demás cerradas (Imagen 49).
6. Se abre la válvula del fermentador, se activa la bomba P2 y se procede al llenado de este.

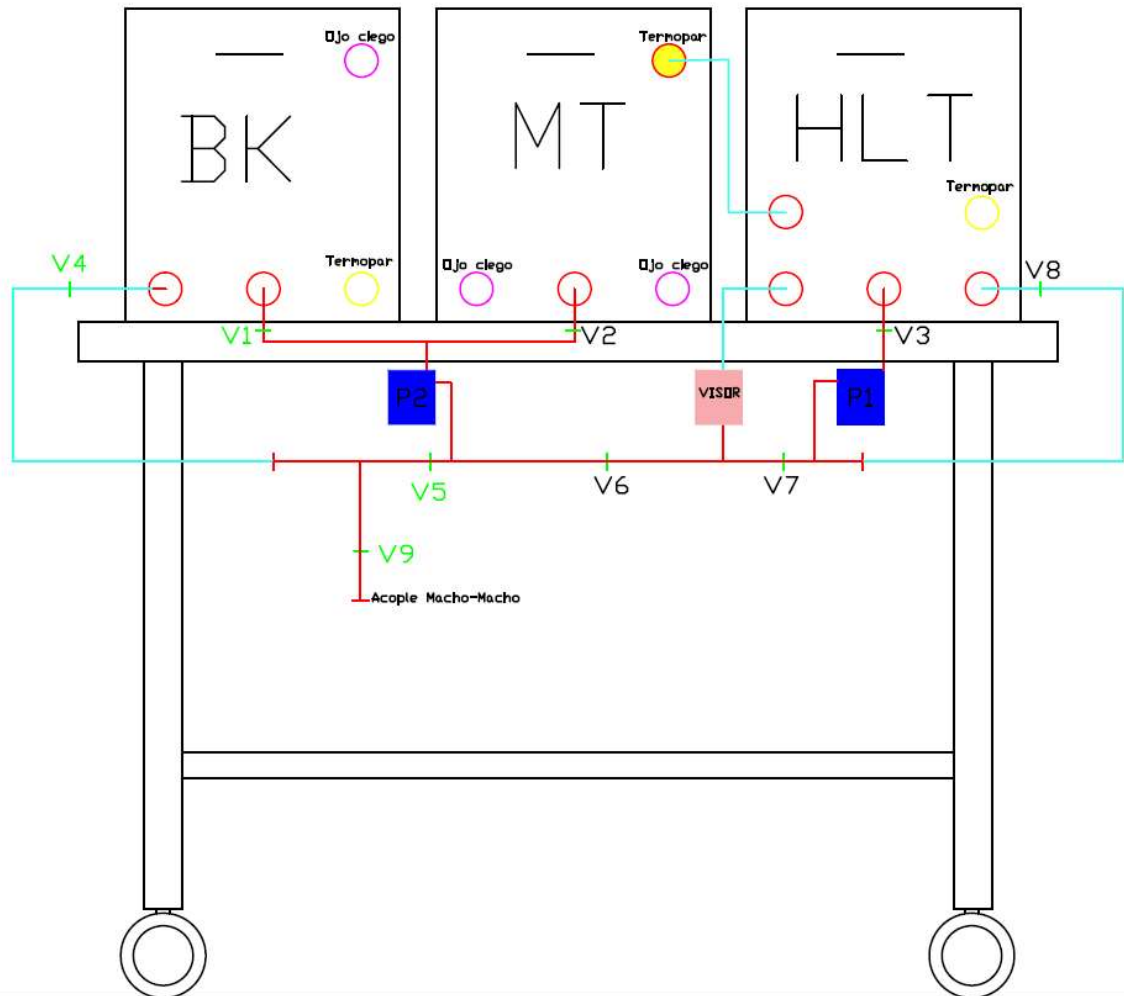


Imagen 48. Válvulas abiertas para el llenado del fermentador.

Al ser completado el vaciado de la olla BK, visiblemente constante gracias a que bajará el nivel de esta:

1. Se apagará la bomba para que no se descebe y entre aire en esta.
2. Se cerrará la válvula inferior del fermentador.
3. Se desenroscará la manguera que conecta al fermentador y descargará todo lo sobrante de mosto a la canaleta lleno lúpulo presente en el final de la olla
4. Se limpia con alcohol la boca de la válvula inferior del fermentador para no tener contaminación más tarde de la cerveza.

A partir de aquí se procederá a la limpieza química de las ollas y demás equipos de la elaboración de mosto tal y como se detalla posteriormente en el anexo y se procede además al enfriamiento del mosto en el fermentador (ver Anexo: Protocolo de limpieza y desinfección).

3.9 Enfriamiento del mosto en fermentador

Tras haber llenado el fermentador de mosto, previamente desinfectado:

1. Se asegura que la válvula inferior se ha cerrado bien y que la tapadera superior está perfectamente atornillada.
2. El fermentador se lleva cerca del anillo de etilenglicol de Factoría Cruzcampo.
3. Se conecta la electroválvula al sistema de control.

4. En el panel del controlador, con los botones de arriba y abajo se selecciona la temperatura a la cual se quiere llegar a enfriar el mosto.
5. Se conecta la entrada y salida del anillo mediante tubing de 3/8" al fermentador.
6. Se abren las válvulas del refrigerante y se asegura que no entre aire en el circuito de etilenglicol.

Es preciso que se haga una buena conexión de las tuberías a la entrada y salida de refrigerante al tanque, ya que, si eso no es así, se puede humedecer la electroválvula y que esta pierda su función, además que se empeore la calidad del mosto y desperdiciar todo el proceso anterior.



Imagen 49. Foto tanque fermentador durante su llenado.

3.10 Fermentación

Al llegar el mosto a la temperatura idónea para la fermentación:

1. Con la ayuda de un soplete, se realiza una circunferencia alrededor de la tapadera atornillada, para crear una atmósfera libre de hongos o microorganismos que puedan contaminar el mosto. Siempre es recomendable realizar este paso antes de introducir la levadura.
2. Se abrirá la tapa atornillada del fermentador y se introduce en este la levadura (Imagen 51).

La manera más fácil de introducirla será a partir de sobres de levadura sólida deshidratada. La cantidad de levadura será indicada por la receta cervecera.



Imagen 50. Ejemplo de sobre de levadura sólida seca.

- Tras la adición de la levadura, se cierra bien la tapa atornillada para que no pueda entrar ni salir nada del tanque.

Para comprobar que la levadura está haciendo su función:

- Se coloca una tubería de gusano en la válvula superior del fermentador y el extremo de este tubo se introduce en un recipiente lleno de agua, como en la Imagen 50.
- Si esta burbujea, la etapa de fermentación sigue activa.

El periodo de tiempo de fermentación será cuantificado por la receta cervecera. Para asegurar que el periodo de fermentación ha sido suficiente:

- Se recoge una muestra de la cerveza y el acople de DN25 a tubing 3/8".
- Repetiendo esta valoración en dos días consecutivos se debería de alcanzar un valor estable e igual en los dos días.
- Si esto no ocurre se debe de proceder a esperar unos días hasta que esto suceda.
- Se espera unos días más (2-3 días) para dejar madurar la cerveza en frío a una temperatura menor que la de fermentación para favorecer la floculación de la levadura y afinar aromas de la cerveza.

Una vez finalizado este proceso, se llevará a una en fermentador o la carbonatación. Este último paso es posible de realizar de dos maneras: mediante la presurización del tanque de fermentación con CO₂ o con una pequeña refermentación en botella.

3.11 Guarda de Cerveza en Fermentador

Si se hace la etapa de guarda dentro del reactor:

- Una vez terminada la etapa de fermentación, se reajusta el SET POINT del controlador de temperatura del anillo de etilenglicol. Esta temperatura se verá determinada por la receta cervecera.
- Se deja recircular el refrigerante durante el tiempo determinado por la receta cervecera.

Una vez transcurrido este tiempo, se pasa a la etapa de carbonatación, ya sea mediante la refermentación en botella o la carbonatación en fermentador.

3.12 Cálculo del %ABV

Para el cálculo del %ABV (porcentaje de alcohol en volumen) se realiza el siguiente proceso:

- Se recoge una muestra de mosto tras realizar la cocción, y otra muestra de cerveza después de la fermentación con una probeta.
- Se tiene dos formas de medir la densidad:

- A partir del refractómetro (Imagen 52 y 53).
- A partir del densímetro (Imagen 54).

En el caso de medir la densidad con el refractómetro:

1. Se calibra el refractómetro con agua destilada y se hace coincidir el enrase de la línea azul con el 0.
2. Se coge una alícuota de la muestra con una pipeta desechable.
3. Se abre la tapa para líquidos y se vierte parte del líquido sobre el prisma.
4. Se cierra la tapa y se mira por el refractómetro hacia un foco de luz (solar o artificial).

Al mirar por el refractómetro, el campo de medida será en dos magnitudes, Baume y % Brix, de izquierda a derecha respectivamente. Apuntamos el valor del % Brix tanto después de la cocción como después de la fermentación.

Llevamos los %Brix a un software que calcula el %ABV. Un ejemplo de software sería <https://www.petedrinks.com/abv-calculator-refractometer-hydrometer/>.

Tras haber obtenido el porcentaje de alcohol en volumen, se procede a la limpieza del refractómetro con agua destilada y un trozo de papel de cocina para el secado.

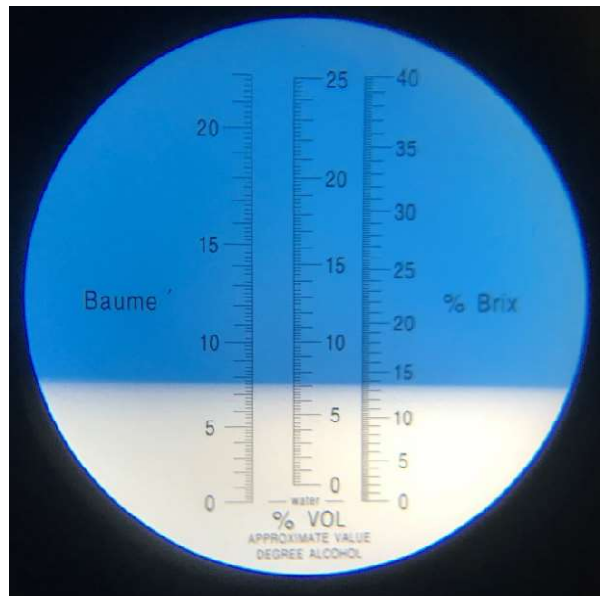


Imagen 51. Vista de las medidas en el refractómetro.



Imagen 52. Refractómetro, a la izquierda. Pipeta desechable, a la derecha.

En el caso que se desee calcular el porcentaje de alcohol en volumen usando la probeta y el densímetro, se realizarán los siguientes pasos:

1. Llenado de la probeta graduada con el mosto antes de fermentar.
2. Sumergir el densímetro dentro de la probeta.
3. Recoger el dato medido por el enrase de la muestra en el densímetro. Este dato se recogerá como gravedad inicial.

Estos tres pasos se repetirán para la muestra de la cerveza después de su fermentación, pero con la diferencia de que este dato será conocido como gravedad final.

Para el cálculo de %ABV se hará el siguiente cálculo:

$$\%ABV = (Gravedad_{inicial} - Gravedad_{final}) * 131,25 \quad \text{Ecuación 1}$$



Imagen 53. Probeta graduada, a la izquierda y densímetro, a la derecha.

3.13 Retirada de turbio frío

Cuando hayan pasado unas horas o al día siguiente del inicio de la fermentación se realiza la purga de turbio frío, para ello:

1. Se desconecta el refrigerante y la electroválvula del fermentador
2. Se traslada éste cerca de una canaleta para mejorar el drenado del tanque.
3. Se abre poco a poco la válvula inferior del fermentador, en el cual se podrá apreciar un cambio de color y de textura en la cerveza
4. Tras ver el cambio, se cierra y se limpia la válvula, se traslada el fermentador cerca del controlador de temperatura de Factoría Cruzcampo, se conecta de nuevo la electroválvula y las conexiones de entrada y salida del refrigerante para que termine la fermentación en las condiciones óptimas de operación.

3.14 Refermentación y embotellado con azúcar o ingredientes azucarados

En algunas ocasiones también se puede optar por una refermentación con algún azúcar (dextrosa, azúcar, miel...) para la carbonatación de la cerveza.

Para ello, es preciso antes una buena desinfección de los envases. Se cogen botellines y se rocían con alcohol para su desinfección. Seguidamente, se enjuagan con agua de red y se vacían.

Para la carbonatación de estos botellines:

1. Se coge una cucharilla de café, donde se utiliza el mango de este para el relleno que se desee de azúcar, dextrosa, miel...

La cantidad que se destine a cada botellín será de libre elección, o de indicación del maestro/a cervecero/a, con el inconveniente de que, en el caso de introducirse poca cantidad en los botellines, no se carbonatará adecuadamente y la cerveza quedará con poco gas. En cambio, si se le adiciona una gran cantidad de azúcar, el botellín estará con demasiado gas y al abrirlo podría salir toda la cerveza en forma de espuma.

2. Tras la adición del azúcar, se rellenan los botellines hasta el principio del cuello del mismo. Con ello se pretende tener hueco para el gas en cuestión y que no explote el recipiente. La introducción de la cerveza en el botellín se da gracias a un acople en la válvula inferior del fermentador con terminación en tubería de gusano (Imagen 55).



Imagen 54. Acople DN25 a tubing 3/8" necesario para el relleno de botellines manual.

3. Una vez llenadas las botellas, se llevan a la maquina tapadora.
4. Se pone la chapa sobre la boca de la botella y se presionan los dos botones negros.
5. Cuando hayan pasados unos segundos, se deja de presionar el botón de la izquierda.
6. Cuando se observe que la tapadora haya hecho bien su función, se suelta el botón de la derecha (Imagen 56).

Siempre es necesario comprobar que la tapadora está conectada a la red eléctrica para asegurar su correcto funcionamiento.



Imagen 55. Detalle de los botones y manómetro de la máquina tapadora.

Para asegurar un cierre hermético de los botellines en esta etapa de chapado, sería recomendable tener en esta máquina taponadora una compresión de aire hacia las chapas de 3 bar manométricos.

Gracias a la máquina tapadora, se logra un perfecto sellado de los botellines sin esfuerzo físico del operario.

Cuando el fermentador se quede vacío, se procede a la limpieza de este y guarda de los botellines (ver Anexo: Protocolo de limpieza y desinfección).

3.15 Carbonatación con CO₂

Para la carbonatación con CO₂, se necesitará ajustar la presión del tanque de fermentación y la temperatura de éste dependiendo de la receta cervecera y del estilo que se quiera conseguir. Se puede ver a través de la siguiente tabla (Tabla 3) o a partir de los softwares comentados anteriormente en el acondicionamiento del agua.

	PSI (Pounds Per Square Inch)																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
30°F	1.82	1.92	2.03	2.14	2.23	2.36	2.46	2.60	2.70	2.82	2.93	3.02	3.13	3.24	3.35	3.46	3.57	3.67	3.78	3.89	4.00										
31°F	1.78	1.88	2.00	2.10	2.20	2.31	2.42	2.54	2.65	2.76	2.86	2.96	3.07	3.17	3.28	3.39	3.50	3.60	3.71	3.82	3.93	4.03									
32°F	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	2.27	2.38	2.48	2.59	2.70	2.80	2.90	3.00	3.11	3.21	3.31	3.42	3.52	3.63	3.73	3.84	3.94	4.04								
33°F	1.71	1.81	1.91	2.01	2.10	2.23	2.33	2.43	2.53	2.63	2.74	2.84	2.96	3.06	3.15	3.25	3.35	3.46	3.56	3.66	3.76	3.87	3.97	4.07							
34°F	1.68	1.78	1.86	1.97	2.06	2.18	2.28	2.38	2.48	2.58	2.69	2.79	2.90	3.00	3.09	3.19	3.29	3.39	3.49	3.59	3.69	3.79	3.90	4.00							
35°F	1.63	1.73	1.83	1.93	2.02	2.14	2.24	2.34	2.43	2.52	2.63	2.73	2.83	2.93	3.02	3.12	3.22	3.32	3.42	3.52	3.62	3.72	3.82	3.92	4.01						
36°F	1.60	1.69	1.79	1.88	1.98	2.09	2.19	2.29	2.38	2.47	2.57	2.67	2.77	2.86	2.96	3.05	3.15	3.24	3.34	3.43	3.53	3.63	3.72	3.82	3.92	4.01					
37°F	1.55	1.65	1.74	1.84	1.94	2.04	2.14	2.24	2.33	2.42	2.52	2.62	2.71	2.80	2.90	3.00	3.09	3.18	3.27	3.37	3.46	3.56	3.65	3.75	3.84	3.94	4.03				
38°F	1.52	1.61	1.71	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.29	2.38	2.48	2.57	2.66	2.75	2.85	2.94	3.03	3.12	3.21	3.30	3.40	3.49	3.59	3.68	3.77	3.87	3.96	4.06			
39°F	1.49	1.58	1.67	1.77	1.86	1.96	2.06	2.15	2.25	2.34	2.43	2.52	2.61	2.70	2.80	2.89	2.98	3.07	3.16	3.25	3.34	3.44	3.53	3.62	3.71	3.81	3.90	3.99	4.08		
40°F	1.47	1.56	1.65	1.74	1.83	1.92	2.01	2.10	2.20	2.30	2.39	2.47	2.56	2.65	2.75	2.84	2.93	3.01	3.10	3.19	3.28	3.37	3.46	3.55	3.64	3.73	3.82	3.91	4.01	4.10	
41°F	1.43	1.52	1.61	1.70	1.79	1.88	1.97	2.06	2.16	2.25	2.34	2.43	2.52	2.60	2.70	2.79	2.88	2.96	3.05	3.14	3.23	3.32	3.41	3.50	3.59	3.68	3.77	3.86	3.95	4.04	
42°F	1.39	1.48	1.57	1.66	1.75	1.85	1.94	2.02	2.12	2.21	2.30	2.39	2.48	2.56	2.65	2.74	2.83	2.91	3.00	3.09	3.18	3.26	3.35	3.44	3.53	3.62	3.70	3.79	3.88	3.97	
43°F	1.37	1.46	1.54	1.63	1.72	1.81	1.90	1.99	2.08	2.17	2.26	2.34	2.43	2.52	2.61	2.69	2.78	2.86	2.95	3.04	3.13	3.21	3.30	3.39	3.47	3.56	3.65	3.74	3.82	3.91	
44°F	1.35	1.43	1.52	1.60	1.69	1.78	1.87	1.95	2.04	2.13	2.22	2.30	2.39	2.47	2.56	2.64	2.73	2.81	2.90	2.99	3.07	3.10	3.24	3.33	3.41	3.50	3.58	3.67	3.76	3.84	
45°F	1.32	1.41	1.49	1.58	1.66	1.75	1.84	1.91	2.00	2.08	2.17	2.26	2.34	2.42	2.51	2.60	2.69	2.77	2.86	2.94	3.02	3.11	3.19	3.28	3.36	3.45	3.53	3.62	3.70	3.79	
46°F	1.28	1.37	1.45	1.54	1.62	1.71	1.80	1.88	1.96	2.04	2.13	2.22	2.30	2.38	2.47	2.56	2.64	2.72	2.81	2.89	2.98	3.06	3.15	3.23	3.31	3.40	3.48	3.57	3.65	3.74	
47°F	1.26	1.34	1.42	1.51	1.59	1.68	1.76	1.84	1.92	2.00	2.09	2.18	2.26	2.34	2.42	2.50	2.59	2.67	2.76	2.84	2.93	3.02	3.09	3.18	3.26	3.35	3.43	3.51	3.60	3.68	
48°F	1.23	1.31	1.39	1.48	1.56	1.65	1.73	1.81	1.89	1.96	2.05	2.14	2.22	2.30	2.38	2.46	2.54	2.62	2.71	2.79	2.88	2.96	3.04	3.13	3.21	3.30	3.38	3.46	3.54	3.63	
49°F	1.21	1.29	1.37	1.45	1.53	1.62	1.70	1.79	1.86	1.93	2.01	2.10	2.18	2.25	2.34	2.42	2.50	2.58	2.67	2.75	2.83	2.91	3.00	3.07	3.15	3.23	3.31	3.39	3.47	3.56	
50°F	1.18	1.26	1.34	1.42	1.50	1.59	1.66	1.74	1.82	1.90	1.98	2.06	2.14	2.21	2.30	2.38	2.46	2.54	2.62	2.70	2.78	2.86	2.94	3.02	3.10	3.17	3.25	3.33	3.41	3.49	
51°F	1.18	1.26	1.34	1.42	1.49	1.57	1.64	1.71	1.79	1.87	1.95	2.02	2.10	2.18	2.26	2.34	2.42	2.49	2.57	2.65	2.74	2.82	2.90	2.97	3.05	3.13	3.19	3.27	3.34	3.42	
52°F	1.16	1.23	1.31	1.39	1.46	1.54	1.61	1.68	1.76	1.84	1.92	1.99	2.06	2.14	2.22	2.30	2.38	2.45	2.53	2.61	2.68	2.76	2.84	2.92	3.00	3.06	3.13	3.22	3.30	3.37	
53°F	1.14	1.21	1.29	1.36	1.44	1.51	1.59	1.66	1.74	1.81	1.89	1.96	2.03	2.10	2.18	2.26	2.34	2.41	2.49	2.57	2.64	2.71	2.79	2.86	2.94	3.01	3.09	3.16	3.24	3.31	
54°F	1.12	1.19	1.27	1.34	1.41	1.49	1.56	1.63	1.71	1.78	1.86	1.93	2.00	2.07	2.15	2.22	2.30	2.37	2.45	2.52	2.59	2.66	2.74	2.81	2.89	2.96	3.04	3.10	3.17	3.24	
55°F	1.10	1.17	1.24	1.31	1.39	1.46	1.53	1.60	1.68	1.75	1.82	1.89	1.97	2.04	2.12	2.18	2.26	2.33	2.40	2.47	2.54	2.62	2.69	2.76	2.83	2.89	2.97	3.04	3.11	3.18	
56°F	1.07	1.15	1.22	1.29	1.36	1.43	1.50	1.57	1.65	1.72	1.79	1.86	1.93	2.00	2.08	2.15	2.22	2.29	2.36	2.43	2.50	2.57	2.64	2.71	2.78	2.85	2.92	2.99	3.06	3.13	
57°F	1.05	1.12	1.19	1.26	1.33	1.40	1.47	1.54	1.62	1.70	1.77	1.83	1.90	1.97	2.04	2.11	2.18	2.25	2.32	2.39	2.46	2.53	2.60	2.66	2.73	2.80	2.87	2.94	3.00	3.08	
58°F	1.03	1.10	1.17	1.24	1.30	1.37	1.44	1.51	1.59	1.67	1.74	1.80	1.87	1.94	2.01	2.08	2.15	2.21	2.28	2.35	2.42	2.48	2.55	2.62	2.69	2.75	2.82	2.88	2.95	3.02	
59°F	1.02	1.09	1.16	1.22	1.29	1.36	1.43	1.49	1.56	1.64	1.71	1.77	1.84	1.91	1.98	2.04	2.11	2.17	2.24	2.31	2.38	2.43	2.50	2.57	2.64	2.70	2.77	2.84	2.91	2.97	
60°F	1.01	1.08	1.15	1.21	1.28	1.34	1.41	1.47	1.54	1.62	1.68	1.75	1.82	1.88	1.95	2.01	2.08	2.14	2.21	2.27	2.34	2.40	2.47	2.53	2.60	2.66	2.73	2.79	2.86	2.92	
61°F	0.99	1.05	1.12	1.18	1.24	1.31	1.37	1.44	1.50	1.57	1.63	1.69	1.76	1.82	1.89	1.95	2.02	2.08	2.14	2.21	2.27	2.34	2.40	2.47	2.53	2.59	2.66	2.72	2.79	2.85	
62°F	0.96	1.02	1.09	1.15	1.21	1.27	1.34	1.40	1.46	1.52	1.59	1.65	1.71	1.78	1.84	1.90	1.97	2.03	2.09	2.15	2.22	2.28	2.34	2.41	2.47	2.53	2.59	2.66	2.72	2.78	
63°F	0.93	0.99	1.06	1.12	1.18	1.24	1.30	1.36	1.42	1.49	1.55	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.35	2.41	2.47	2.53	2.59	2.65	2.71	
64°F	0.91	0.97	1.03	1.09	1.15	1.21	1.27	1.33	1.39	1.45	1.51	1.57	1.63	1.69	1.75	1.81	1.87	1.93	1.99	2.05	2.11	2.17	2.23	2.29	2.35	2.41	2.47	2.52	2.58	2.64	
65°F	0.88	0.94	1.00	1.06	1.11	1.17	1.23	1.29	1.35	1.41	1.46	1.52	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.87	1.93	1.99	2.05	2.11	2.17	2.23	2.28	2.34	2.40	2.46	2.52	2.58	

Table Key:

Blue	= Under-Carbonated, 0 - 1.40 volumes CO ₂
Gray	= Stouts and porters, 1.50 - 2.20 volumes CO ₂
Green	= Lagers, Ales, Ambers, most beers, 2.20 - 2.60 volumes CO ₂
Yellow	= Highly carbonated ales, Lambics, Wheat beers 2.60 - 4.0 volumes CO ₂
Red	= Over-carbonated (except for certain specialty ales) 4.1+ volumes CO ₂

Tabla 3. Tabla de carbonatación para los diferentes estilos.

En la Tabla 3, se representan por colores los diferentes estilos de cerveza según la leyenda. En la parte de la izquierda se representa la temperatura del fermentador durante la carbonatación en °F y en la parte superior se puede ver la presión de CO₂ a la que se debe someter el fermentador.

Para la conversión de unidades de °C a °F se debe de efectuar el siguiente cálculo (Ecuación 2):

$$^{\circ}\text{F} = \left(\frac{^{\circ}\text{C} \times 9}{5}\right) + 32 \quad \text{Ecuación 2}$$

Para la conversión de unidades de bar a psi se debe de efectuar este otro cálculo (Ecuación 3):

$$\text{psi} = 14,5038 * a\bar{m} \quad \text{Ecuación 3}$$

Para llevar el tanque de fermentación a la temperatura idónea en la carbonatación se hará uso del controlador PID del anillo de etilenglicol y para controlar la presión se hará uso de la llave Allen en el manómetro. (Ver Imagen 24 y 25.)

Para conectar el circuito de CO₂:

1. Se debe abrir la llave de paso, contrastar que el CO₂ pasa por el tubo del anillo y dejar que transcurra por el mismo unos segundos, eliminando el oxígeno que pueda quedar en el conducto.
2. Cuando se haya asegurado este proceso, se rocía con alcohol la boquilla superior del fermentador y se conectará la tubería del anillo de CO₂ al orificio superior de entrada al fermentador.
3. Se abre la válvula del conducto donde se ha conectado el CO₂ y se deja el fermentador así hasta que transcurran unos días para poder hacer la operación de embotellado.

Es imprescindible tener el fermentador bien cerrado para que no se escape CO_2 y entre aire, ni tener este a una gran presión pues podría explotar. En el caso de no poner la suficiente presión, olerá a cerveza por el manómetro del anillo de CO_2 a modo de purga.

3.16 Embotellado de Cerveza tras Carbonatación con CO_2

Para asegurar una buena praxis, se hace una desinfección previa de la embotelladora y tuberías que se va a emplear (ver Anexo: Protocolo de limpieza y desinfección).

Una vez asegurada la desinfección de la embotelladora, se tendría que realizar la conexión e implantación de la embotelladora tal y como se ve en el siguiente esquema (Imagen 57).

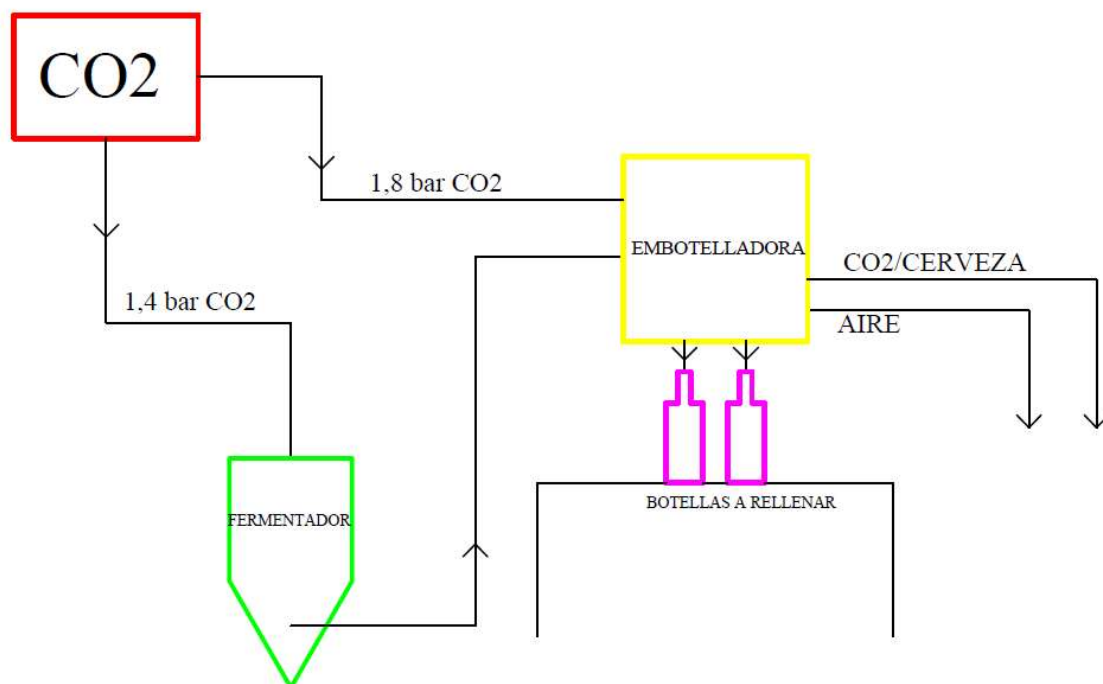


Imagen 56. Diagrama de la instalación de la embotelladora durante la adición de cerveza en los recipientes.

En este caso la embotelladora no tiene una bomba para el llenado de los botellines, sino que se hará por diferencia de presiones con el circuito de CO_2 . El gas impulsará en el fermentador una corriente de cerveza producto hacia la embotelladora, llegando así al equilibrio de presiones.

Para el embotellado:

1. Se pondrá la máquina en modo automático y luego se acciona. En este modo, el equipo extrae el oxígeno de los botellines y los purga por la corriente AIRE a la derecha de la máquina.
2. Una vez purgado, se realiza la adición de cerveza con CO_2 hasta que la máquina detecte el nivel correcto de llenado. En el caso de que haya mayor nivel de llenado, la embotelladora lo purgará a través de la corriente CO_2 /Cerveza
3. Cuando estén llenos los botellines, se le coloca una chapa a cada uno en la corona y se repite el mismo proceso en la tapadora tal y como se ha descrito anteriormente en el apartado de chapado de botellines con refermentación.

Tras el vaciado del fermentador, se procede a la limpieza de este y también de la máquina embotelladora (ver anexo de limpieza y desinfección).

3.17 Guarda de botellines hasta consumición

Tras el embotellado de la cerveza se efectuará la operación de guarda. En el caso de que se tengan botellines con una refermentación de azúcares:

1. Se situarán los botellines a temperatura de fermentación para que la levadura no muera y esta pueda generar el gas suficiente dentro del recipiente.
2. Pasada una semana, se asegura de que existen las burbujas suficientes en ellas, dando pequeños toques con el dedo por las paredes del botellín taponado.
3. Tras asegurar esto, se les bajará la temperatura localizándolos en una nevera, cámara frigorífica a temperatura de guarda indicada por la receta cervecera.

Si, por el contrario, se tuviera cerveza embotellada con carbonatación de gas CO₂, se pondrán los botellines en la cámara frigorífica o nevera, impidiendo exponer esto a la luz y a una temperatura de guarda especificada por la receta cervecera.

Se intentará que en todo momento los botellines estén en posición vertical colocados con la chapa hacia arriba para que se ralentice el proceso de oxidación en la cerveza.

El tiempo de guarda será establecido por el maestro cervecero y/o recomendado por la receta cervecera.

3.18 Protocolo de parada

Una vez realizada la limpieza de cada equipo, se comienza con el apagado de las tres ollas HLT, MT y BK. Para ello:

1. Se pone los interruptores de las bombas en OFF para desactivar su funcionamiento con el controlador.
2. Se pone el interruptor general del controlador en OFF y se desenchufan uno a uno los cables que conectan las resistencias de calor de los tanques HLT y BK, además de los enchufes de las bombas P1 y P2 del controlador.
3. Se le quitará de la corriente eléctrica al controlador, siendo en última instancia la retirada del cable de electricidad.
4. Se desenroscarán las sondas de las ollas y del controlador.
5. En el caso de haber desmontado los equipos para la limpieza, se hace un montaje de todas las piezas teniendo en cuenta todas las tuberías flexibles, bombas, clavetas rojas y de aluminio, resistencias eléctricas de cada olla, etc.
6. Se guardan todos los elementos para la próxima elaboración y se lleva la mesa con las tres ollas al almacén de Factoría Cruzcampo.
7. Como recomendación, si no se va a utilizar el equipo de elaboración de mosto, pasar un poco de aire comprimido para que las tuberías, codos, bombas... no se queden con agua estancada y dejar válvulas abiertas tras esta operación (Imagen 58).

En el caso de la embotelladora, después de su limpieza se necesita un apagado de las líneas de CO₂ y desconexión de las tuberías de purga de CO₂, aire, o cerveza. Una vez hecho esto se puede desenchufar de la corriente la embotelladora y la tapadora.



Imagen 57. Desmonte de las ollas para una mejor limpieza y desinfección.

4. Medidas de Seguridad

En este apartado se regirán unas medidas de seguridad para la elaboración de cerveza con los equipos ya comentados anteriormente. Estas medidas se van a dividir en dos apartados, seguridad general y seguridad operativa en cuanto a la maquinaria.

En cuanto a la seguridad general:

- Automáticamente sería necesario botas de seguridad y pantalón largo para poder entrar en ella.
- Se deben llevar puesto guantes de PVC con resistencia a productos químicos y a altas temperaturas para evitar quemaduras con sustancias corrosivas o de alta temperatura. Estos guantes se deberán portar en el cambio de mangueras, válvulas, trasiego de productos, etc.
- Se debe tener especial cuidado si caen algunas gotas de ácido o sosa caustica en nuestra piel o ropa. En el caso de que algún operario quede impregnado de estos productos de limpieza y desinfección, aclarar con bastante agua.
- Cada vez que se usen productos químicos es obligatorio usar gafas de protección, ya que el vapor de estos podría afectar a los ojos. En el caso de que ocurriera, lavarlos con abundante agua.

En cuanto a la seguridad laboral del operario para el buen uso de la maquinaria:

- En el caso de fallo de la presurización y llenado de los recipientes durante el embotellado, es obligatorio el uso de gafas de protección.
- Antes de realizar las operaciones de calentamiento de mosto o de agua, las resistencias eléctricas deben estar siempre cubiertas de líquido ya que si no fuese así podría provocarse una avería.
- Para hacer un buen uso de las bombas centrífugas, estas deben cebarse para asegurarse de tener siempre líquido en la aspiración y evitar efectos de cavitación.
- La conexión o desconexión del cableado a la red eléctrica debe ser siempre con las manos secas para evitar altos voltajes conducidos hacia nuestro cuerpo.
- Revisión durante los protocolos de arranque y parada que ningún cable esté en mal estado. Asegurar siempre un buen aislamiento de estos.
- Durante las operaciones de limpieza, desinfección, parada y arranque, evitar la posible humidificación de los puertos de corriente eléctrica.

5. Caso Práctico Producción Cerveza

En este caso apartado, se describe la elaboración de una receta de cerveza Saison belga, detallando los ingredientes utilizados y las proporciones. También se menciona el proceso de elaboración, incluyendo la temperatura y tiempos de macerado y del hervido. Además, se indica que se añadió un aporte de sales al agua como acondicionamiento y se especifica la cantidad de agua utilizada en cada fase.

Para ello, se ha seguido la siguiente receta cervecera:

- 7,70 kilos de malta Pilsen Belga.
- 1,90 kilos de malta Munich.
- 390 gramos de malta de Trigo.
- 295 gramos de malta Special B.
- 295 gramos de malta CaraMunich II.
- 28,26 gramos de lúpulo Magnum en pellet.
- 43,47 gramos de lúpulo Golding en pellet.
- 430 gramos de miel (Imagen 60).
- 2 sobres de levadura Mangrove Jacks M41 (Imagen 59).



Imagen 58. Sobre de levadura sólida deshidratada Mangrove Jacks M41

En el acondicionamiento del agua se han utilizado 5 ml de $ZnSO_4$ como aporte de sales.

Los ingredientes de esta receta están planteados para la elaboración de una cerveza de estilo Saison belga, donde se tiene 17 EBC, 16 IBUs, y 5,6% ABV. El motivo de esta receta se basa en la variedad de maltas, lúpulos y también la adición de adjuntos como la miel.

Se han añadido 30 litros de agua caliente para el macerado y luego 15 litros de agua para el lavado, obteniéndose 38 litros antes de la cocción y 35 litros después de esta etapa.

Para el macerado, se ha tenido durante 60 minutos a 65 °C y luego 30 min a 72°C.

La etapa de hervido o cocción se ha hecho durante 70 min a una temperatura de 100°C. En cuanto a las adiciones de lúpulo se ha añadido el lúpulo de magnum al inicio de la cocción y luego el lúpulo restante al final del hervido.

El adjunto de esta receta cervecera se ha añadido en toda su totalidad 5 minutos antes de la finalización de la cocción.



Imagen 59. Miel utilizada en la elaboración como adjunto.

Para la fermentación se ha tenido en cuenta que esta levadura tiene temperaturas de actividad un poco más altas que las típicas que las de tipo Ale, en este caso de 18-28°C, y por eso se ha mantenido durante 9 días a 22°C.

Después de esta etapa se ha madurado en fermentador durante una semana a una temperatura mucho más baja (4°C).

Para la carbonatación de la cerveza se ha hecho este proceso a 2°C y una presión de CO₂ de 2,3 bar de presión. Esta temperatura y presión ha sido la más conveniente debido a su estilo.

El resultado final de este experimento ha dado fruto a una cerveza con mayor porcentaje alcohólico, 7,8% v/v. Esto puede deberse a ciertos errores o negligencias a la hora de elaborar como, por ejemplo, el destrozo de la torta de lavado con la pala para que se lleve el mosto de lavado más rápido de la olla MT a BK, no haber realizado la etapa de Whirlpool como se debería y la posible adición de excesiva miel en la cocción o carbonatación por refermentación de esta.

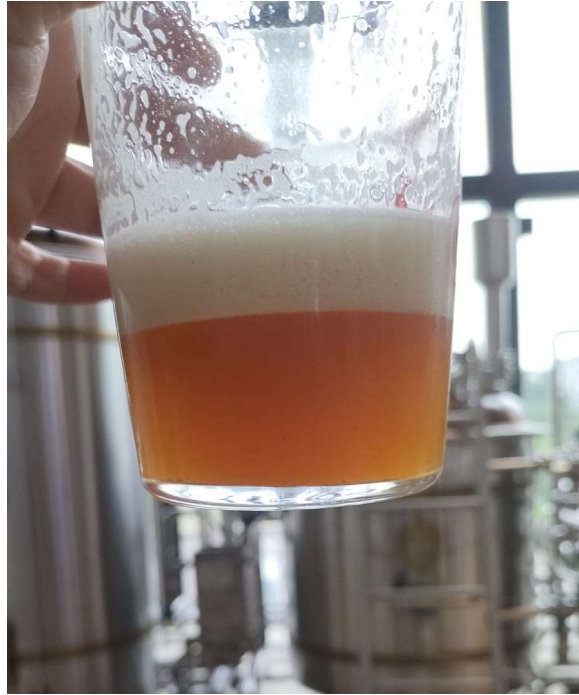


Imagen 60. Cerveza recién sacada del tanque de fermentación.



Imagen 61. Análisis químico de la cerveza tras la guarda en botella.



Imagen 62. Consumo de la cerveza tras maduración en botella

Se puede ver un cambio de color a más oscuro desde la cerveza recién salida del fermentador hasta la consumición de la cerveza tras una semana en botella. Este cambio de color y de espuma se puede deber a que las partículas en suspensión en la cerveza comienzan a bajar al fondo del envase y por tanto se reflejará menos luz en la cerveza.

6. Posibles Mejoras de la Unidad

6.1 Elaboración de mosto

En cuanto a la generación del mosto cervecero, se pueden mejorar ciertos aspectos:

- a) Para no depender del agua caliente de la instalación Factoría Cruzcampo y que no se pierda tiempo en el calentamiento de agua previo a la etapa de macerado, se podría cambiar la resistencia eléctrica de la olla HLT por una de mayor potencia, ya que la mezcla y fluidodinámica de esta es bastante buena y considerable como para la homogeneización de la temperatura.

Gracias a una toma de datos, la resistencia HLT que calienta agua, para un salto térmico de 5°C, marcado por el termopar del controlador se han necesitado 5 minutos. Si entra agua de red a 20 grados y es necesario una temperatura de maceración de 55 grados (como mínimo) se puede ver que con un simple cálculo es necesario cerca de 35 minutos, suponiendo que el incremento de temperatura fuese lineal y no haya perturbaciones para calentarlo. Puede considerarse tiempo excesivo para calentamiento de agua, ya que si sumamos a los tiempos de maceración, cocción o enfriamiento del mosto serían más de 5 horas para la elaboración del mismo. Cabe destacar que se tendría que incluir el calentamiento de agua para el comportamiento isoterma del tanque MT, ya que el serpentín de este tanque se induce en la olla HLT.

- b) A la hora de la retirada del bagazo, es muy costosa y se necesita bastante ayuda (Imagen 65). Se desperdicia mosto no aprovechable en la receta y es necesario mover la olla para el desalojo del bagazo. Una de las posibles mejoras sería la incorporación al macerado de una bolsa filtro, esta se podría ajustar a las dimensiones del tanque MT y una misma persona podría sacar la bolsa. En el caso de que se rompiera la bolsa filtro o el grano de las maltas estén por debajo de la luz de malla de la bolsa, no habría problema como ahora para la retirada de este. Esta bolsa filtro puede ser reutilizable para varias elaboraciones si se limpia y desinfecta correctamente. Esta bolsa filtro se puede también utilizar de menor tamaño (ver Imagen 64) para la adición de otros ingredientes de menor tamaño, que luego en la receta cervecera se van a retirar como es el ejemplo de hibisco, nueces, especias, etc.



Imagen 63. Bolsa filtro para pequeños ingredientes



Imagen 64. Retirada del bagazo con espumadera de la olla MT

- c) Homogeneización en la etapa de maceración escasa (Imagen 66), ya que el agua que cae desde el serpentín descende justamente en el centro de la olla. Esto se podría optimizar gracias a un extensible o complemento de la tubería que, a modo de división del caudal, caiga por distintos orificios y no como actualmente.



Imagen 65. Llenado del tanque MT poco homogéneo.

- d) Optimizar la colocación de tuberías flexibles, ya que se pueden notar codos donde el mosto y el agua se queda sin movimiento.
- e) Instalación de bombas centrífugas de mayor potencia. Se mejora el calentamiento del agua en el HLT y traslado de mosto a las ollas MT y BK, ya que la viscosidad del mosto es ligeramente más alta, y se necesita mayor fluidez, aparte de reducirse las pérdidas de mosto en zonas muertas donde la fluidez no es suficiente.
- f) Incorporación de un intercambiador de placas para un mejor enfriamiento del mosto cervecero. Este tipo de intercambiador es muy cómodo de desmontar para su limpieza y desinfección antes que un intercambiador carcasa y tubo. Otra futura ventaja de tener este equipo, sería la de poder refrigerar el mosto fuera del fermentador y que este pueda ser solamente utilizado exclusivamente para la fermentación.

En este manual de operación se ha utilizado la refrigeración del mosto mediante el enfriamiento en el tanque de fermentación debido a que el existente serpentín para esta operación tiene rota una de sus boquillas (Imagen 67) y deja escapar el refrigerante utilizado en este. Aunque se repare este complemento, resulta de mayor eficacia y rapidez hacerlo dentro del tanque de fermentación.



Imagen 66. Serpentin

- g) El controlador solo tiene en cuenta las adiciones de lúpulo, pero no de adjuntos. Esto se deja fuera de la automatización de la receta cervecera por lo que siempre se debe de tener en cuenta cuando añadir.
- h) Es deseable un calibrado de transmisores de temperatura cada cierto tiempo y asegurar un buen mantenimiento de las resistencias sumergibles ya que, de no ser así, no se puede asegurar una futura elaboración.
- i) Compra de un pequeño taburete o uso de una escalera de tijeras para la adición de malta en la olla de MT y visualización de las operaciones con la tapadera abierta. Para personas de cierta condición física como baja estatura o falta de fuerzas en los brazos puede ser limitante el no poder verter la malta triturada en olla MT. Para personas de baja estatura ciertas operaciones como el removido con la pala en el macerado y la visualización de las etapas de maceración y hervido.

6.2 Tanque de fermentación

En cuanto al tanque de fermentación, se pueden mencionar las siguientes mejoras:

- a) La electroválvula en el fermentador no está bien segura en cuanto a la impermeabilización de esta. En el caso de que le caiga agua, etilenglicol o cualquier otro producto químico líquido hacia esta electroválvula, esta deja de funcionar y se estropea. Esto se puede solucionar gracias la instalación de una caja estanca como un seguro impermeable (Imagen 68).

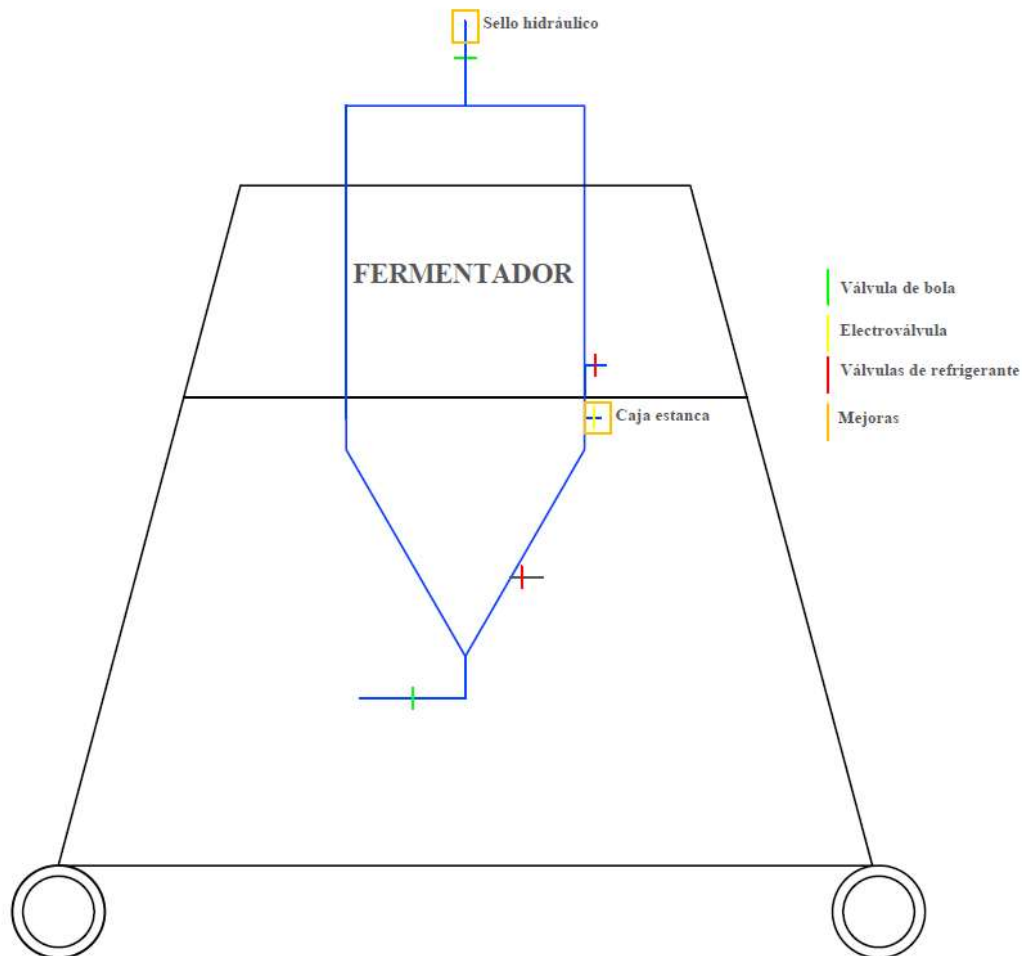


Imagen 67. Instalación de mejoras en el fermentador.

- b) Instalación de un barómetro y termopar. Esto puede solucionar los problemas, si existiera alguna discrepancia con el sistema de control de la electroválvula y del anillo de CO₂. En el momento de que se instalen estos indicadores de presión y temperatura se puede ver, por ejemplo: que el anillo de presión de CO₂ está llenando el fermentador de CO₂, y no de que el gas va en sentido contrario, o que la electroválvula no le llega la corriente y no hace su función...
- c) Inserción de un airlock en el conducto al exterior sobre la válvula superior del fermentador, con el objetivo de hacer sello hidráulico. Esto nos indicará que la cerveza está en plena reacción y no será necesario una tubería de menor diámetro con un matraz lleno de agua. Este mecanismo es más simple y además reutilizable para cualesquiera que fuera la elaboración, lo único necesario es su desinfección y llenado de agua (Imagen 68 y 69).



Imagen 68. Airlock para la fermentación.

- d) Compra de una bomba centrífuga de iguales características a la de Factoría Cruzcampo. Esto hará que la limpieza del fermentador sea independiente de si Factoría necesita la bomba o no para otros procesos.

6.3 Embotellado y chapado

En cuanto al chapado, las mejoras de este proceso son las siguientes:

- a) La embotelladora falla en algunos casos sus lazos de control o de automatizado, ya que, en el llenado de los botellines, esta máquina no se detiene algunas veces y llena demasiado los recipientes, desperdiándose mosto. También se ha encontrado casos contrarios, donde la adición de cerveza y CO_2 es insuficiente. La solución a este problema sería el verificado de la correcta operación, renovación del sistema de control de la máquina o la sustitución por otra de mejor calidad.
- b) Embarrilado de la cerveza: esta operación no se ha podido llevar a cabo por falta de instalación de equipos, pero se tiene todo lo necesario como manómetros de presión, barriles tipo corny de 10L. Esta forma de guarda puede ser mucho mejor que en forma de botellines, además de abaratar costes en el suministro de botellines de cristal.

7. Anexo. Protocolo de limpieza y desinfección

Para la limpieza de todos los equipos, se utiliza un producto de limpieza básico. En este caso, se usará ALCAMIX L (sosa caustica). Para el lavado de la maquinaria se deberá añadir un 2% en volumen para el lavado. Esta proporción es ideal e indicada por el maestro/a cervecero/a para no tener pérdidas innecesarias de este producto, efectos corrosivos sobre la maquinaria y contaminaciones no deseadas en futuras elaboraciones. La limpieza será efectuada justamente al terminar de operar con cada uno de los equipos (Imagen 70).

Por otro lado, en el caso de la desinfección, se utiliza un ácido para retirar microorganismos no deseados. En este caso el producto empleado en Factoría es SOPURCLEAN CIP OP (septacid) con la misma proporción que con la base. En este caso la desinfección será antes de la operación con los equipos (Imagen 71).

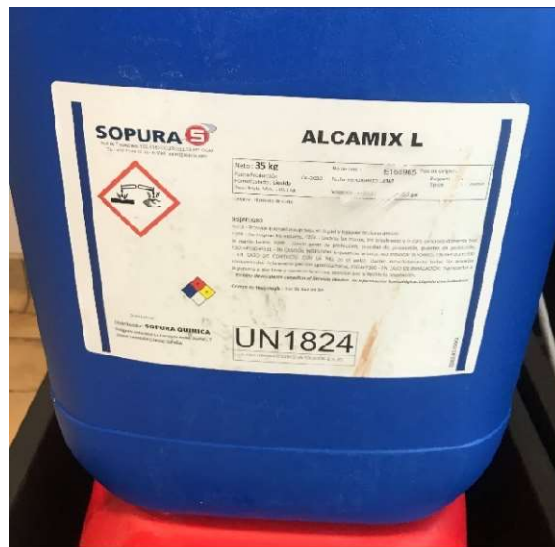


Imagen 69. Etiqueta del compuesto básico ALCAMIX L utilizado para la limpieza



Imagen 70. Etiqueta del ácido SOPURCLEAN utilizado para la desinfección

7.1 Ollas HLT, MT y BK

Antes de operar con el equipo de elaboración de mosto, este se desinfecta. Para ello:

1. Se vierte una solución de ácido sobre cada una de las ollas de elaboración y se hace recircular el ácido con agua por el rack de tuberías durante 15 min, abriendo y cerrando brevemente cada una de las válvulas para una mejor desinfección.
2. Pasada esta operación, se desanclan las ollas HLT MT y BK de la estructura de tuberías con las clavetas de aluminio lisas.
3. Se retiran las ollas de la mesa y se colocan en el suelo cerca de la canaleta de drenado.
4. Seguidamente se emplearán los guantes de protección y el estropajo por la parte blanda, para rociar con agua de red de la manguera y el agente desinfectante en las ollas (SEPTACID).
5. Se enjuagan con agua de red de la manguera y se vacían cerca de la canaleta de drenado.
6. Se colocan las ollas vacías en la mesa y se cierran con las respectivas clavetas antes retiradas y se asegura que los tornillos están bien cerrados y no influyen en la apertura de las válvulas.

Una vez que se termine la elaboración de mosto, es necesario limpiar el equipo. Para esta operación se seguirán los siguientes pasos:

1. Se vierte una solución de sosa caustica sobre cada una de las ollas de elaboración y se hace recircular la sosa con agua por el rack de tuberías durante 15min, abriendo y cerrando brevemente cada una de las válvulas para una mejor limpieza.
2. Se desanclan las ollas HLT MT y BK de la estructura de tuberías con las clavetas de aluminio de color rojo, además de las clavetas lisas de aluminio y las mangueras o tuberías flexibles.
3. Se retiran las ollas de la mesa, las válvulas, bombas, rack de tuberías, visor... en el suelo cerca de la canaleta de drenado.

4. Se emplearán los guantes de protección y el estropajo por la parte blanda, para rociar con agua de red de la manguera y el agente limpiador (ALCAMIX L) en las ollas y accesorios.
5. Se enjuagan con agua de red de la manguera y se vacían cerca de la canaleta de drenado todos los accesorios al equipo (codos en T, válvulas, visor, bombas...) además de las ollas.
6. Se colocan las ollas y accesorios vacíos en la mesa y se cierran con las respectivas clavetas antes retiradas, asegurándose que los tornillos están bien cerrados y no influyen en la apertura o cierre de las válvulas.

Este proceso de limpieza asegurará que los equipos no tengan moho u otros agentes no deseables para las siguientes elaboraciones.

En el caso de que se vayan hacer elaboraciones de mosto muy consecutivas en el tiempo (de un día para otro o de pequeñas diferencias de horas) se puede optar por una limpieza igual que la desinfección del equipo, pero con sosa ALCAMIX L.

7.2 Fermentador

En cuanto a la limpieza del fermentador se utilizará el mismo procedimiento independientemente de si es desinfección o limpieza:

1. Llenado del tanque CIP con el producto de limpieza/desinfección al 50% de su capacidad.
2. Conexión del tanque CIP a la bomba por su aspiración mediante tubería DN25.
3. Conexión de la bomba centrífuga en la impulsión al fermentador por la parte inferior mediante tubería DN25.
4. Encendido de la bomba y llenado del fermentador con el producto de desinfección limpieza.

Estos pasos se pueden ver mejor siguiendo el siguiente esquema de la instalación (Imagen 72).

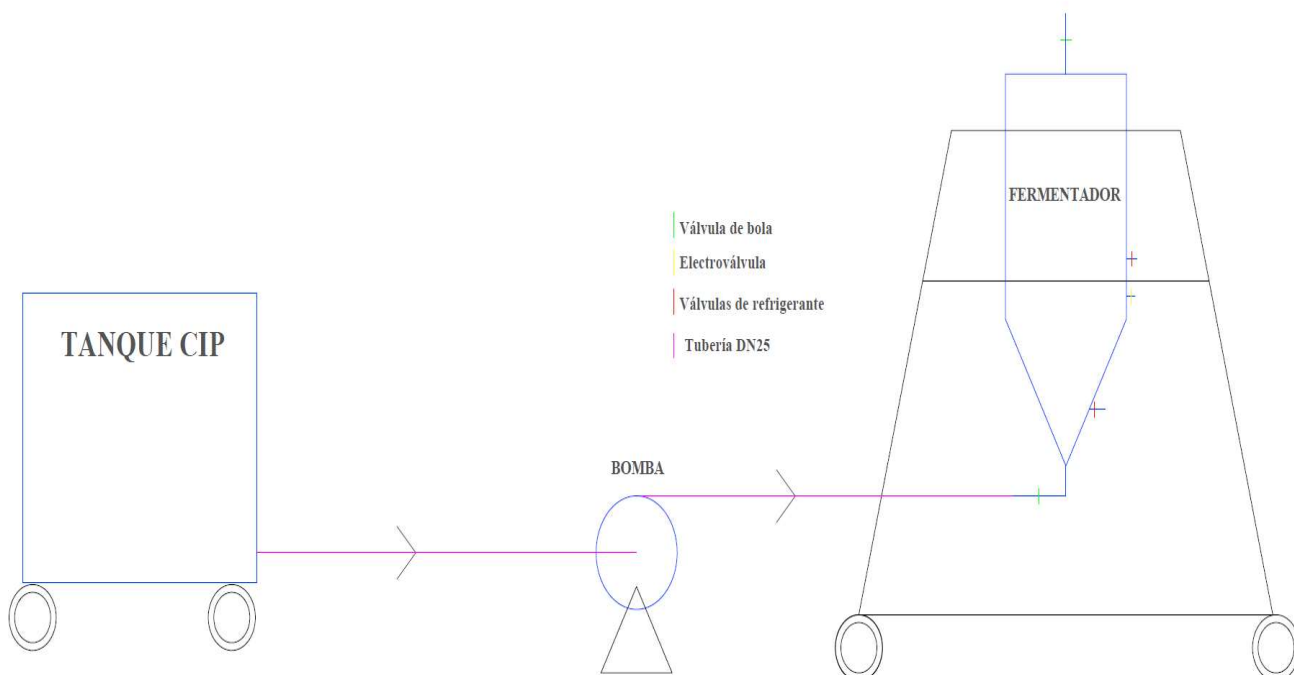


Imagen 71. Instalación del llenado del fermentador para la limpieza/desinfección

5. Una vez que esté lleno el fermentador, se para la bomba centrífuga.

6. Se cierra la válvula inferior del fermentador.
7. Se cambia la tubería de la impulsión de la bomba hacia la válvula de la parte superior del fermentador y la parte de la aspiración por la válvula inferior del reactor.
8. Se abren las dos válvulas del fermentador.
9. Se arranca la bomba de nuevo.

Esta nueva instalación se corresponde con el siguiente diagrama (Imagen 73):

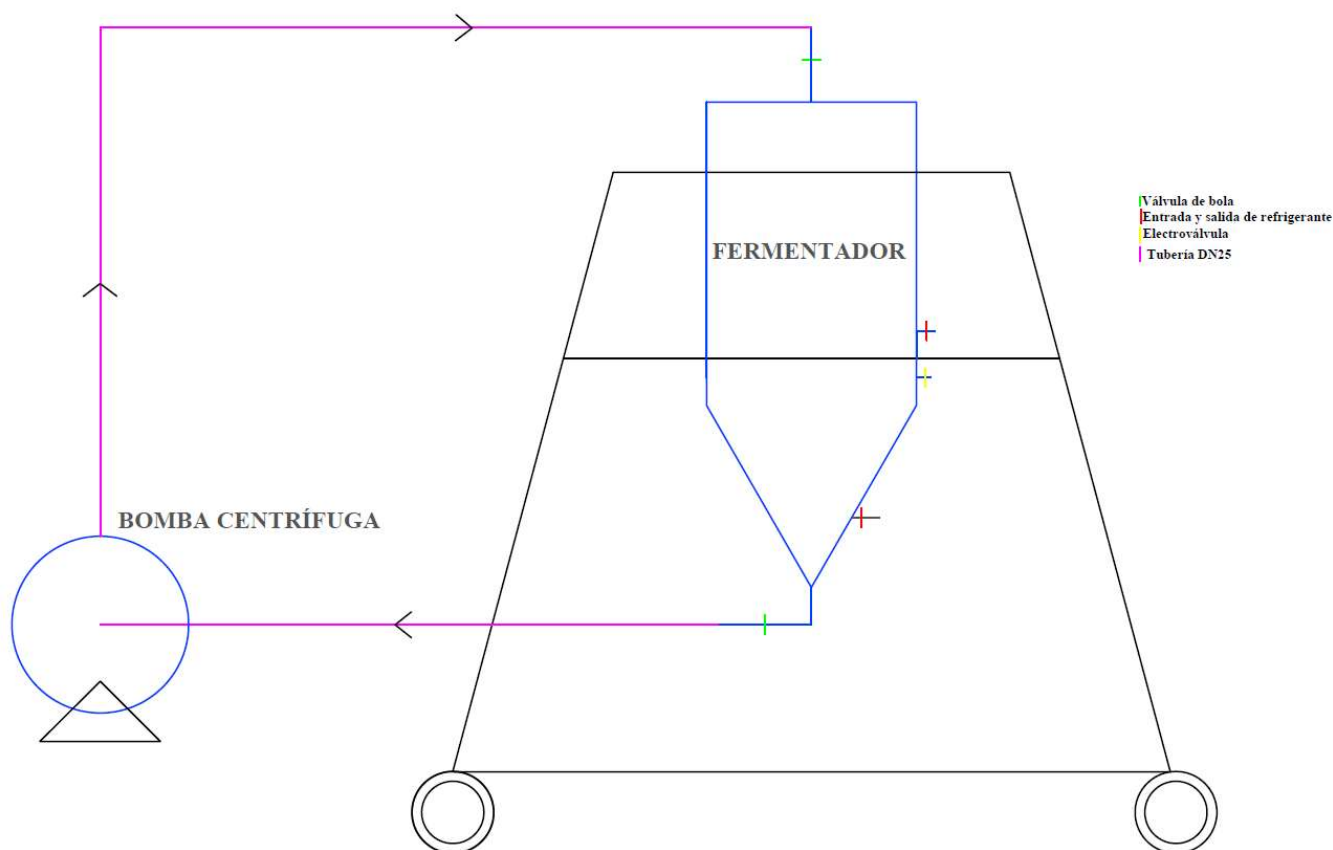


Imagen 72. Diagrama de recirculación de productos de limpieza/desinfección.

Tanto en la operación de desinfección como de la limpieza tiene una recirculación de duración de una hora. Tras haber pasado esa hora:

1. Se para la bomba.
2. Se cierran las válvulas del fermentador.
3. Se desacoplan las tuberías de impulsión y aspiración de la bomba, cerrando las válvulas de bola superior e inferior del fermentador y apagando la bomba.
4. Se conecta el acople DN25 a tubing 3/8" (Imagen 55) para la limpieza/desinfección de este.
5. Se desaloja el fluido correspondiente en la canaleta para su eficiente drenado.
6. Se lleva el fermentador cerca del canal y se abre la válvula inferior para el vaciado del mismo.
7. Se enjuaga con agua de la manguera el fermentador para asegurar que no haya quedado nada de producto de limpieza/desinfección en éste.

Después de la limpieza del fermentador es necesario secarlo con aire comprimido o CO₂ para que no haya ninguna propagación de microorganismos y se deja cerrado herméticamente.

7.3 Embotelladora

Para la limpieza de la embotelladora se tendrá que:

1. Conectar a la corriente eléctrica y sintonizarla en modo manual, llenado manual- pérdida.
2. Se colocan las botellas ciegas (botellas que sirven solamente para limpieza y desinfección) y tras este proceso.
3. Se sintoniza el modo Llenar y accionar purga de aire y purga de cerveza.



Imagen 73. Display de la embotelladora en el modo limpieza.

Este último modo se verá en el display de la embotelladora a modo de escape total (donde se expulsará el ácido por el conducto de salida de aire) y modo de escape poco a poco (donde saldrá SEPTACID o cualquier ácido con agua por el orificio de salida de CO₂).

Si la mesa se llena de ácido o de cualquier otro producto se hará uso de la manguera y se reducirá el agua sobrante provocando un desnivel en la mesa con ayuda de otro operario.

Es necesario para la limpieza/desinfección de la embotelladora de una bomba centrífuga y un tanque CIP para el lavado. Este tanque CIP tiene una capacidad de 100 L, pero no es necesario llenar al completo, con un 50% será más que suficiente para efectuar esta operación.

En el siguiente diagrama se aprecia cómo debe quedar conectado los diferentes equipos como embotelladora, bomba, tanque CIP... para la desinfección y/o lavado de la embotelladora (Imagen 75).

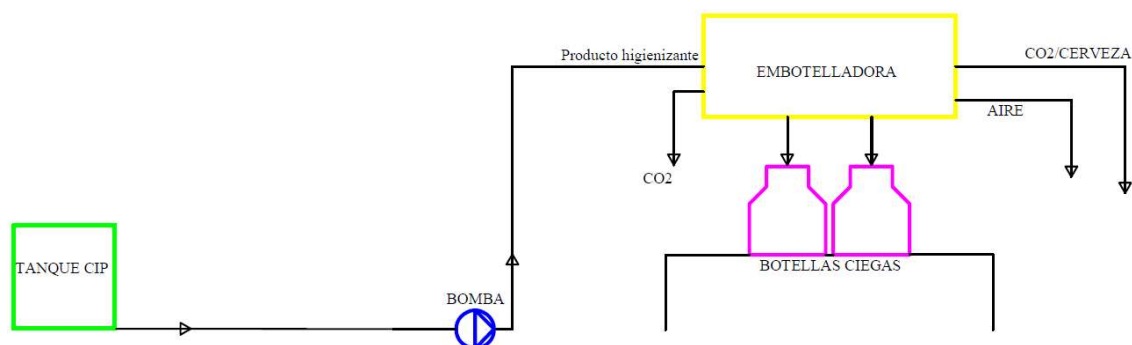


Imagen 74. Diagrama de la instalación de la embotelladora durante la limpieza y la desinfección.

Cuando se haya terminado de embotellar y chapar los suficientes recipientes, se procede a la limpieza de la máquina embotelladora. Este proceso es de igual instalación y procedimiento que cuando se va a desinfectar, pero en este caso en vez de utilizar un ácido como septacid, se utiliza una base como es el caso de la sosa, al mismo porcentaje en volumen (ALCAMIX L en nuestro caso).

8. Referencias Bibliográficas

- Boto-Fidalgo, J. A. y Boto-Ordóñez, M. (2017). *La cerveza: ciencia, tecnología, ingeniería, producción, valoración*. Universidad de León.
- Canales, C. (Ed.). (2009). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles en España del sector de elaboración de Malta*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. <https://prtr-es.es/data/images/Gu%C3%ADa-MTD-en-Espa%C3%B1a-Malta.pdf>
- Cerveceros de España y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). *Informe Socioeconómico del Sector de la Cerveza en España 2021*. https://cerveceros.org/uploads/62cfc9469b35d__InformeSocioeconomico_Cerveza2021.pdf
- Craft Hardware, (2020). *Brew Day with the HERMS Trio Standard*
- García-Barber, X y Olalla-Marañón, J. (2014). *La cerveza en España*. Madrid: LID. https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991013701135204987
- Hough, J. S. (1990). *Biología de la cerveza y de la malta*. Acribia <https://www.crafthardware.de/en/blogs/allgemein/bratag-herms-trio-standard>
- Kunze, W. (Ed.). (2006). *Tecnología para cerveceros y malteros*. VLB Berlín.
- Laguna-Carrasco, P., Romero-Millán G. y Vidal-Barrero, F. (2016). *Diseño de un fermentador de cerveza a escala de laboratorio*. (Trabajo Fin de Carrera). Universidad de Sevilla. https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012443809704987
- Martínez, V. (2022). *Cervezas: La inflación devuelve la incertidumbre y la preocupación al sector. Informe 2021*. Alimarket, S.A. <https://www.alimarket.es/alimentacion/informe/333986/informe-2021-del-sector-de-cervezas-en-espana>
- Palmer, J. y Kaminski, C. (2013). *Water. A Comprehensive Guide for Brewers*. Brewers Publications. https://cervecerosdelaltovalle.files.wordpress.com/2018/07/john_palmer_colin_kaminski-water_a_comprehensive_g.pdf
- Pérez-Escobar, D., Rodríguez-Galán, M., Vidal-Barrero, J. F. y Romero-Millán, G. (2017). *Propuestas para la disminución de la huella de carbono de una planta de producción de cerveza*. (Trabajo Fin de Máster). Universidad de Sevilla. https://fama.us.es/permalink/34CBUA_US/3enc2g/alma991012774279704987
- Strong, G. y England, K. (2021). *Beer Style Guidelines - 2021 Edition*. Beer Judge Certification Program, Inc. <https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>
- The Brewers of Europe. (2021). *European Beer Trends. Statistics report, 2021 Edition*. https://brewersofeurope.org/uploads/mycms_files/documents/publications/2021/european-beer-statistics-2020.pdf