

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería Química

### Diseño de una microcervecera con una producción de 10.000 hl anuales

Autor: Hugo Aguirre Cano

Tutor: José Fernando Vidal Barrero

Tutora: Mónica Rodríguez Galán

**Departamento de Ingeniería Química y Ambiental**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2018





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería Química

# **Diseño de una microcervecería con una producción de 10.000 hl anuales**

Autor:  
Hugo Aguirre Cano

Tutores:  
José Fernando Vidal Barrero  
Mónica Rodríguez Galán

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2018



Proyecto Fin de Carrera: Diseño de una microcervecería con una producción de 10.000 hl anuales

Autor: Hugo Aguirre Cano

Tutor: José Fernando Vidal Barrero

Tutora: Mónica Rodríguez Galán

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis amigos*



# Agradecimientos

---

Quiero aprovechar estas líneas para agradecer a todas las personas que me han acompañado y guiado a lo largo de estos años en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y en el Politécnico de Milán.

A los trabajadores de Desiderata por demostrarme su pasión y permitirme aprender de su oficio.

A Gonzalo Romero Millán profesor del curso: “Ciencia y Tecnología de la Elaboración de Cerveza” e ingeniero de procesos en Heineken, que ha compartido su experiencia con todos los alumnos del curso y por su ayuda prestada en algunos aspectos concretos sobre el funcionamiento de una fábrica de cerveza.

A mis tutores y profesores de la Universidad de Sevilla, José Fernando Vidal Barrero y Mónica Rodríguez Galán que me han estimulado en la tarea de investigación y desarrollo de este proyecto con su asesoramiento.

A mi familia y amigos que me han ayudado y apoyado durante este duro recorrido.

*Hugo Aguirre Cano*

*Sevilla, 2018*



# Resumen

---

En este trabajo fin de grado se desarrolla una ingeniería básica de una planta de elaboración de cerveza a partir de cuatro materias primas: agua, malta, lúpulo y levadura. Se concibe como una microcervecería con una capacidad de producción anual de 10.000 hectolitros.

Después de analizar el mercado de la cerveza y verificar el continuo crecimiento del consumo de cervezas artesanales en diversos países, desde Estados Unidos hasta España, y más concretamente en Andalucía, se considera factible y rentable la introducción de una nueva cerveza de producción artesanal.

Con el fin de optimizar el proceso de fabricación y dotarle de mayor versatilidad presente y futura, se han escogido los equipos que conforman esta planta. Se ha diseñado en base a criterios de proximidad operacional de la maquinaria y rangos de temperatura de trabajo. Todo ello bajo la premisa de conseguir la producción de cerveza en continuo sin perder de vista los objetivos de eficiencia energética, minimización de los costes fijos operacionales y de inversión inicial.

Finalmente, se realiza un estudio económico donde se determina la rentabilidad de la planta diseñada, teniendo en cuenta los costes de los equipos, de la materia prima y los gastos de operación.

La propuesta se concreta en el diseño de una microcervecería con las siguientes características:

- Factoría media de fabricación de cerveza artesanal con una inversión prevista (1.200.000€) capacidad de producción 10.000 hl/año.
- Localizable en una nave estándar de 640 m<sup>2</sup>.
- Adecuada al mercado potencial de Andalucía Occidental.
- Atendible inicialmente con dos turnos de trabajo de 8 horas. (Posteriormente podría funcionar con tres turnos las 24 horas).
- Tiempo de recuperación de la inversión inferior a 5 años y una rentabilidad final de 800.000€ anuales tras la amortización.



# Abstract

---

The aim of this dissertation is to design a craft beer brewery with an annual production classified as microbrewery.

Through a comparative study, the dimensions, methodologies and equipment have been chosen to optimize the manufacturing process for this type of breweries; seeking the highest energy efficiency and production capacity, as well as minimizing the operational and initial investment fixed costs.

The analysis and comparison of the facilities has lead to the proposal of a continuous production system with such dimensions that enable producing more than 1000 hl per year.

All the elements of the design: manufacturing processes, the machinery, dimensions of the warehouse of the factory, commercial distribution and logistics needs, as well as the other elements necessary for the regular start-up of the factory, have been selected according to criteria for optimizing costs and minimizing investment.

The aim is to achieve an economy of adequate scale, a better profitability of the facilities and optimized employment needs.

According to the above, the result of the work has been:

- Medium manufacturing factory of craft beer (10,000 hl / year).
- Located in a standard warehouse (640 m2).
- Suitable for a potential market in Andalucía Occidental.
- Attainable with two shifts of work (2 work shifts of 8 h)

This enables the essential elements for all business initiatives: production at market cost, optimized operational costs and feasibility of financing for start-up.



# Índice

---

|                                                                                                                 |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>Agradecimientos.....</b>                                                                                     | <b>VIII</b>  |
| <b>Resumen .....</b>                                                                                            | <b>X</b>     |
| <b>Abstract .....</b>                                                                                           | <b>XII</b>   |
| <b>Índice .....</b>                                                                                             | <b>XIV</b>   |
| <b>Índice de Conceptos .....</b>                                                                                | <b>XVIII</b> |
| <b>Índice de Tablas .....</b>                                                                                   | <b>XXI</b>   |
| <b>Índice de Figuras .....</b>                                                                                  | <b>XXII</b>  |
| <b>Alcance y Objetivos.....</b>                                                                                 | <b>XXIII</b> |
| <b>1 Introducción .....</b>                                                                                     | <b>1</b>     |
| <b>1.1 La cerveza.....</b>                                                                                      | <b>1</b>     |
| <b>1.2 Historia de la cerveza .....</b>                                                                         | <b>1</b>     |
| <b>1.3 Evolución última y situación actual de la cerveza artesanal en el mercado global de la cerveza .....</b> | <b>5</b>     |
| 1.3.1 Fenómeno global .....                                                                                     | 5            |
| 1.3.2 Situación en España.....                                                                                  | 5            |
| 1.3.3 Situación actual del sector cervecero .....                                                               | 6            |
| 1.3.4 Perspectivas para el sector de microcervecías en España .....                                             | 7            |
| 1.3.4.1 Andalucía .....                                                                                         | 7            |
| <b>1.4 Tipos de cerveza.....</b>                                                                                | <b>8</b>     |
| 1.4.1 Ale .....                                                                                                 | 8            |
| 1.4.2 Lager .....                                                                                               | 8            |
| 1.4.3 Lambic .....                                                                                              | 8            |
| <b>1.5 Ingredientes de la cerveza.....</b>                                                                      | <b>9</b>     |
| 1.5.1 Agua .....                                                                                                | 9            |
| 1.5.1.1 Iones disueltos.....                                                                                    | 9            |
| 1.5.1.2 pH .....                                                                                                | 9            |
| 1.5.2 Malta.....                                                                                                | 10           |
| 1.5.2.1 Cebada .....                                                                                            | 10           |
| 1.5.2.2 Tipos de malta de cebada .....                                                                          | 11           |
| 1.5.2.3 Trigo .....                                                                                             | 12           |
| 1.5.3 Adjuntos .....                                                                                            | 12           |
| 1.5.4 Lúpulo .....                                                                                              | 13           |
| 1.5.4.1 Componentes.....                                                                                        | 13           |
| 1.5.4.2 Clases de lúpulos.....                                                                                  | 14           |
| 1.5.4.3 Formas .....                                                                                            | 15           |
| 1.5.5 Levadura .....                                                                                            | 16           |
| 1.5.5.1 Clase de levaduras .....                                                                                | 17           |

|            |                                                |           |
|------------|------------------------------------------------|-----------|
| <b>2</b>   | <b>Proceso de elaboración .....</b>            | <b>19</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Primera fase .....</b>                      | <b>20</b> |
| 2.1.1      | Malteado .....                                 | 20        |
| 2.1.1.1    | Remojo.....                                    | 20        |
| 2.1.1.2    | Germinación .....                              | 20        |
| 2.1.1.3    | Secado y tostado.....                          | 20        |
| 2.1.1.4    | Eliminación de raicillas.....                  | 20        |
| 2.1.2      | Recepción y almacenamiento.....                | 21        |
| 2.1.3      | Tratamiento del agua .....                     | 21        |
| <b>2.2</b> | <b>Segunda fase:.....</b>                      | <b>22</b> |
| 2.2.1      | Molienda .....                                 | 22        |
| 2.2.1.1    | Molienda en seco .....                         | 22        |
| 2.2.1.2    | Molienda en húmedo .....                       | 22        |
| 2.2.2      | Maceración .....                               | 22        |
| 2.2.2.1    | Maceración por infusión .....                  | 23        |
| 2.2.2.2    | Maceración por decocción .....                 | 24        |
| 2.2.2.3    | Tratamiento de adjuntos en la maceración ..... | 24        |
| 2.2.3      | Filtración y lavado del grano .....            | 24        |
| 2.2.3.1    | Cuba filtro .....                              | 25        |
| 2.2.3.2    | Filtro prensa.....                             | 25        |
| 2.2.4      | Cocción del mosto .....                        | 25        |
| 2.2.4.1    | Sistemas de calentamiento .....                | 25        |
| 2.2.4.2    | Técnicas de ebullición.....                    | 26        |
| 2.2.5      | Clarificado del mosto.....                     | 27        |
| 2.2.5.1    | Whirlpool.....                                 | 27        |
| 2.2.5.2    | Clarificantes .....                            | 27        |
| 2.2.6      | Enfriamiento .....                             | 27        |
| <b>2.3</b> | <b>Tercera fase.....</b>                       | <b>28</b> |
| 2.3.1      | Fermentación.....                              | 28        |
| 2.3.2      | Maduración o guarda .....                      | 28        |
| 2.3.3      | Clarificación .....                            | 29        |
| 2.3.3.1    | Filtrado y abrillantado.....                   | 29        |
| 2.3.4      | Estabilización coloidal.....                   | 30        |
| 2.3.4.1    | Estabilización por adsorbentes .....           | 30        |
| 2.3.4.2    | Estabilización por enzimas .....               | 30        |
| 2.3.4.3    | Estabilización con ácido tánico .....          | 30        |
| 2.3.5      | Estabilización microbiológica.....             | 30        |
| 2.3.5.1    | Ultrafiltración .....                          | 30        |
| 2.3.5.2    | Pasteurización .....                           | 31        |
| 2.3.5.3    | Tuneles de Pasteurización .....                | 31        |
| <b>2.4</b> | <b>Cuarta fase .....</b>                       | <b>31</b> |
| 2.4.1      | Envasado .....                                 | 31        |
| 2.4.2      | Limpieza y desinfección.....                   | 31        |
| 2.4.2.1    | Manual.....                                    | 32        |
| 2.4.2.2    | Automático.....                                | 32        |
| <b>3</b>   | <b>Maquinaria.....</b>                         | <b>33</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Tratamiento del agua.....</b>               | <b>34</b> |
| 3.1.1      | Filtro de carbón activo.....                   | 34        |
| <b>3.2</b> | <b>Sala de cocción.....</b>                    | <b>34</b> |
| 3.2.1      | Molino para malta seca.....                    | 34        |
| 3.2.1.1    | Molino de rodillos .....                       | 34        |
| 3.2.2      | Calderas de maceración .....                   | 34        |

|            |                                                   |           |
|------------|---------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.3      | Equipo de filtración.....                         | 35        |
| 3.2.4      | Tanque de espera .....                            | 35        |
| 3.2.5      | Caldera de mosto.....                             | 35        |
| 3.2.6      | Equipo de clarificación .....                     | 35        |
| <b>3.3</b> | <b>Cava de elaboración .....</b>                  | <b>36</b> |
| 3.3.1      | Fermentador .....                                 | 36        |
| 3.3.2      | Tanque de maduración .....                        | 36        |
| 3.3.3      | Tanque de abrillantado y filtros.....             | 37        |
| 3.3.4      | Estabilización .....                              | 37        |
| <b>3.4</b> | <b>Sala de envasado .....</b>                     | <b>37</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Servicios auxiliares .....</b>                 | <b>38</b> |
| 3.5.1      | Sistema de cadenas .....                          | 38        |
| 3.5.2      | Calentamiento .....                               | 38        |
| 3.5.3      | Equipos de enfriamiento y oxigenación.....        | 38        |
| 3.5.4      | Recipiente de levaduras .....                     | 38        |
| 3.5.5      | Compresor de aire .....                           | 39        |
| 3.5.6      | Generador de nitrógeno .....                      | 39        |
| 3.5.7      | Equipos de control CIP .....                      | 39        |
| <b>3.6</b> | <b>Laboratorio .....</b>                          | <b>40</b> |
| 3.6.1      | Densímetro .....                                  | 40        |
| 3.6.2      | pH-metro.....                                     | 40        |
| 3.6.3      | Medidor de CO <sub>2</sub> .....                  | 40        |
| 3.6.4      | Espectrofotómetro .....                           | 40        |
| <b>4</b>   | <b>Distribución de la planta.....</b>             | <b>41</b> |
| <b>5</b>   | <b>Presupuesto.....</b>                           | <b>43</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Costes .....</b>                               | <b>44</b> |
| 5.1.1      | Inversión inicial .....                           | 44        |
| 5.1.2      | Costes fijos .....                                | 45        |
| 5.1.3      | Costes variables .....                            | 46        |
| 5.1.3.1    | Costes materias primas .....                      | 46        |
| 5.1.3.2    | Costes energéticos y agua .....                   | 46        |
| 5.1.3.3    | Otros .....                                       | 48        |
| <b>5.2</b> | <b>Ventas .....</b>                               | <b>48</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Beneficio .....</b>                            | <b>49</b> |
| <b>6</b>   | <b>Conclusiones.....</b>                          | <b>50</b> |
|            | <b>Referencias .....</b>                          | <b>52</b> |
|            | <b>Anexo I. Marco legal.....</b>                  | <b>54</b> |
|            | <b>Anexo II. Hoja técnica de equipos .....</b>    | <b>57</b> |
|            | <b>Anexo III. Distribución de la planta .....</b> | <b>73</b> |
|            | <b>Anexo IV. Diagrama del proceso.....</b>        | <b>74</b> |
|            | <b>Anexo V. Presupuesto .....</b>                 | <b>75</b> |



# ÍNDICE DE CONCEPTOS

---

**Acondicionamiento:** Proceso por el cual la malta se introduce en agua para hidratarla y poder trabajar con molienda húmeda.

**Adjuntos:** Son los cereales o los componentes ricos en almidón que se utilizan en la industria cervecera. Los más empleados son el maíz y el arroz.

**Ale:** Tipo de cerveza resultante de una fermentación a altas temperaturas mediante una levadura particular, "*Saccharomyces cerevisiae*".

**Alfa ácidos:** Una de las resinas que se encuentran en el lúpulo. Su mayor aporte es el amargor. A mayor porcentaje de alfa ácidos, mayor amargor.

**Alfa amilasa:** La  $\alpha$ -amilasa es la responsable del origen de los azúcares residuales que son aquellos que no absorbe la levadura de cerveza y siguen en suspensión al final de la fermentación. Esta enzima recorta segmentos largos en la cadena de almidón dando lugar a nuevos azúcares, sobre todo la dextrina y la maltotriosa. Estos azúcares residuales que permanecen en suspensión influyen en el sabor y dan cuerpo a la cerveza.

**Almidón:** El almidón, o fécula, es una macromolécula que está compuesta de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina.

**Azúcar:** Se denomina azúcar, a la sacarosa. La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa.

**Bagazo:** Restos de los cereales que se desechan durante la elaboración de la cerveza. Residuo del grano que queda luego de extraerle todo el jugo tras la maceración del mosto.

**Beta ácidos:** Ácidos contenidos en el lúpulo y que apenas contribuyen al amargor.

**Beta amilasa:** La enzima  $\beta$ -amilasa es el origen del alcohol en la cerveza. Su actividad se desarrolla a temperaturas entre los 60° y 70°C al fraccionar las extremidades de las moléculas de almidón y cuando éstas se transforman en moléculas de maltosa o de glucosa. Durante la fermentación, las células de levadura absorben estos azúcares disueltos en el mosto y entonces producen alcohol, dióxido de carbono y compuestos aromáticos.

**Carbonatación:** Proceso mediante el cual el dióxido de carbono hace aparición en la cerveza, de forma natural durante la última fermentación o añadido de forma artificial.

**Cebada:** Cereal que posee ciertas cualidades que facilitan su uso en la fabricación de cerveza.

**Cerveza verde:** Cerveza que aún no ha sido sometida a una segunda fermentación, maduración o guarda.

**Clarificantes:** Aditivos utilizados para eliminar partículas en suspensión de líquidos como la cerveza.

**Coagulación:** Proceso que favorece la solidificación una sustancia albuminosa disuelta en un líquido.

**Dióxido de carbono:** Es un gas incoloro e inodoro que resulta de la oxidación del carbono. En la cerveza aparece por la fermentación de los azúcares.

**EBC:** El EBC "European Brewers Convention" es un método utilizado por los cerveceros para definir el color de una cerveza.

**Empaste:** Es la mezcla agua-malta.

**Enzimas:** Son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas. Las enzimas actúan sobre unas moléculas denominadas sustratos, las cuales se convierten en moléculas diferentes denominadas productos.

**Éster:** Compuesto formado por un alcohol y un ácido tras la eliminación del agua. Es volátil y proporciona sabores a frutas o flores.

**Etanol:** Comúnmente conocido como alcohol etílico, es un alcohol que se presenta en condiciones normales de presión y temperatura como un líquido incoloro e inflamable. Es una sustancia psicoactiva y es el principal tipo de alcohol presente en bebidas alcohólicas como la cerveza.

**Extracto del mosto:** Cantidad de sólidos solubles en 100 gramos o mililitros. El 90 % aproximadamente son azúcares y el 70% aproximadamente son fermentables.

**Fermentación alcohólica:** La fermentación consiste en la acción controlada de la levadura escogida para convertir los substratos, en este caso, azúcares simples, en alcohol y anhídrido carbónico.

**Fining:** Elemento empleado para la clarificación de la cerveza.

**Glucosa:** La dextrosa presente en las frutas y en otras plantas es el producto final del metabolismo de los carbohidratos. En la industria cervecera se convierten estos azúcares en alcohol y en anhídrido carbónico.

**Grit:** Cereales no malteados como el trigo, arroz o maíz.

**Gruit:** Mezcla de diferentes tipos de hierbas como el romero, el mirto o el brezo.

**Guarda:** Término utilizado para dar a conocer la maduración y el reposo del mosto fermentado. Permite la sedimentación de los restos de la levadura.

**IBU:** Es la unidad de con la que se mide el grado de amargor de la cerveza. Cuanto mayor sea el número, más amarga será la bebida.

**Inoculación o siembra de levadura:** Introducción de la levadura en el mosto para su fermentación.

**Lager:** Este tipo de cerveza es consecuencia de fermentaciones a bajas temperaturas. Tienen una duración más larga y las levaduras, "*Saccharomyces pastorianus*", actúan de forma diferente a las de tipo ale, depositándose en el fondo.

**Lavado del grano:** Acción utilizada para arrastrar los azúcares contenidos en el empaste mediante agua caliente.

**Levadura:** Es un hongo microscópico unicelular responsable de la fermentación del mosto.

**Lúpulo:** El lúpulo es una de las tres especies de plantas del género "*Humulus*", de la familia de las cannabáceas. Planta herbácea trepadora de tallo áspero, largo y nudoso, de hojas perennes y acorazonadas, formadas por hasta siete lóbulos, y con flores pequeñas, con sexos separados y fruto seco.

**Malta:** Grano de cereal germinado y tostado, es decir, malteado. Aporta el almidón y las enzimas necesarias para su descomposición en los azúcares necesarios para la fermentación del mosto de la cerveza.

**Mosto:** Es el líquido que se obtiene de manera previa a la fermentación. Contiene azúcares de las distintas maltas, el lúpulo y otros añadidos durante la cocción. Se denomina mosto debido a su sabor dulce y a que no contiene alcohol.

**Pasteurizar:** Someter un alimento, generalmente líquido, a una temperatura aproximada de 80 grados durante un corto período de tiempo enfriándolo después rápidamente, con el fin de destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del alimento.

**pH:** Se utiliza para medir la acidez o alcalinidad del agua. Un valor inferior a 7 indica un agua ácida, y por encima de este valor, alcalina.

**Poder diastásico o enzimático:** Las maltas base son las que tienen mayor poder diastásico, es decir, las que tienen una mayor actividad enzimática y todos los azúcares son fermentables. Cuanto más tostada sea la malta, menor cantidad de azúcares fermentables tendrá.

**Priming:** Consiste en añadir azúcar a la cerveza para que la cerveza logre un mayor carbonatado.

**Proceso Isobárico:** Un proceso isobárico es un proceso termodinámico que ocurre a presión constante.

**Sacarificación:** Proceso para la obtención de azúcar por la hidratación o fermentación de sustancias sacarígenas.

**Sistema CIP:** La estación de saneamiento conocida como estación CIP “*Clean In Place*”, es un equipo utilizado para el saneamiento y esterilización de todos los equipos de la fábrica y sus tuberías.

**SRM:** El “*Standard Reference Method*” es método utilizado por los cerveceros para definir el color de una cerveza.

**Taninos:** Son las sustancias orgánicas solubles en el agua. Son astringentes y disponen de un sabor amargo.

**Tierra de diatomeas:** Esqueletos silíceos de antiguas algas marinas que se utilizan para el filtrado.

**Trasiego:** Cambio de un líquido de un recipiente a otro.

**Trub:** Son los restos orgánicos que quedan en la olla después de que el mosto haya sido hervido, en el proceso de elaboración de la cerveza.

**Whirlpool:** Técnica por la cual se clarifica el mosto, introduciéndolo a una alta velocidad de forma tangencial y creando un movimiento similar al de un remolino donde las partículas se acumulan en el centro del depósito.

# ÍNDICE DE TABLAS

---

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Empresas inscritas en la Seguridad Social en Julio 2017         | 5  |
| Tabla 2: Valores adecuados de los principales iones en el agua cervecera | 9  |
| Tabla 3: Algunos de los lúpulos más utilizados en la industria cervecera | 15 |
| Tabla 4: Tipos de fermentación                                           | 18 |
| Tabla 5: Parámetros de fermentación de la cerveza                        | 36 |
| Tabla 6: Parámetros de maduración de la cerveza                          | 37 |
| Tabla 7: Coste total de la maquinaria                                    | 44 |
| Tabla 8: Calendario financiero                                           | 45 |
| Tabla 9: Materia prima necesaria para la elaboración de 10.620 hl        | 46 |
| Tabla 10: Balance general para la fabricación de 1 hl de cerveza         | 47 |
| Tabla 11: Consumo de electricidad por día de producción                  | 47 |
| Tabla 12: Consumo de gas natural por día de producción                   | 47 |
| Tabla 13: Consumo de agua por día de producción                          | 48 |
| Tabla 14: Producción estimada                                            | 48 |
| Tabla 15: Ingresos por la venta completa de barriles                     | 48 |
| Tabla 16: Evolución anual hasta el 100% de la producción planteada       | 49 |

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Mujer elaborando cerveza                                                               | 1  |
| Figura 2: Obrero egipcio con cebada                                                              | 2  |
| Figura 3: Monjes bebiendo cerveza                                                                | 2  |
| Figura 4: Gremio cervecero                                                                       | 3  |
| Figura 5: Louis Pasteur                                                                          | 4  |
| Figura 6: Las cerveceras en España                                                               | 6  |
| Figura 7: Espuma creada por la acción de la levadura en fermentador abierto                      | 8  |
| Figura 8: Cebada                                                                                 | 10 |
| Figura 9: Maltas con diferentes grados de tostación                                              | 11 |
| Figura 10: Diferentes colores de cerveza según su proceso de elaboración y malta utilizada       | 12 |
| Figura 11: Lúpulo en rama                                                                        | 13 |
| Figura 12: Tiempo de cocción de cada variedad de lúpulo para obtener el total de sus propiedades | 14 |
| Figura 13: Ciclo de la levadura en el mosto                                                      | 16 |
| Figura 14: Concentración de diversos componentes respecto a los días de fermentación             | 17 |
| Figura 15: Diagrama del proceso                                                                  | 19 |
| Figura 16: Diagrama de las etapas del malteado                                                   | 21 |
| Figura 17: Rangos de temperatura de acción de las principales enzimas durante una maceración     | 23 |
| Figura 18: Valores de pH óptimos y de temperaturas de las enzimas en el proceso de maceración    | 24 |
| Figura 19: Diagrama temperatura – tiempo (minutos) para el sistema de cocción atmosférica        | 26 |
| Figura 20: Diagrama temperatura-tiempo (minutos) para el sistema de cocción a baja presión       | 26 |
| Figura 21: Diagrama de proceso                                                                   | 33 |
| Figura 22: Diagrama de proceso de la sala de cocción                                             | 34 |
| Figura 23: Diagrama de la microcervecería                                                        | 42 |

# ALCANCE Y OBJETIVOS

---

El alcance de este proyecto es la planificación de la ingeniería básica de una planta de fabricación de cerveza artesanal. Para ello se plantean los siguientes objetivos:

- El diseño de una microcervecería con el objetivo de producir anualmente 10.000 hectolitros. Describiendo el proceso de producción de la cerveza, sintetizado en un diagrama desarrollado posteriormente que recoge todas las fases del mismo, desde la recepción de la materia prima hasta el envasado final del producto.
- Elegir los equipos más adecuados, entre las diversas alternativas que ofrece el mercado, para que respondan a un óptimo equilibrio entre costes y capacidad de producción, y cumplan a la vez la normativa de la industria alimentaria.
- Distribuir la maquinaria en la planta según la lógica del proceso de producción y organizar el espacio buscando la máxima eficiencia energética y funcionalidad operativa.
- Elaborar un estudio económico donde se estimen: coste de inversión de la planta, coste de operación de la misma y los ingresos obtenidos en las distintas fases que se plantean. Datos que permitan verificar la viabilidad de la planta para su posible puesta en marcha.

# 1 INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 La cerveza

La cerveza es una bebida obtenida por la fermentación, mediante levaduras, de un mosto cervecero elaborado a partir de materias primas naturales.

## 1.2 Historia de la cerveza

*“La fabricación de la cerveza está ligada a una sucesión de tres procesos bioquímicos: la formación de enzimas en el grano de cereal germinante, la degradación de almidón a azúcar justamente por parte de esas enzimas y, a continuación, la fermentación del azúcar a alcohol y CO<sub>2</sub>. Estos procesos y su resultado embriagante son conocidos por la gente desde hace miles de años, sin que se reconociera de primera intención cómo estaban relacionados y su controlabilidad.”* [1]

La primera constancia que se tiene de la elaboración de una bebida a partir de la fermentación de cereales se encuentra en unas tablas sumerias de escritura cuneiforme de hace más de 6.000 años. Las mujeres sumerias elaboraban panes malteados de cebada y los introducían en recipientes llenos de agua para que estos fermentaran. Tras varios días se obtenía una bebida alcohólica, conocida como “*sikaru*”, utilizada, parece ser, como medicina para curar ciertas enfermedades. El rey babilónico Hammurabi creó un conjunto de leyes para la correcta fabricación de cerveza.

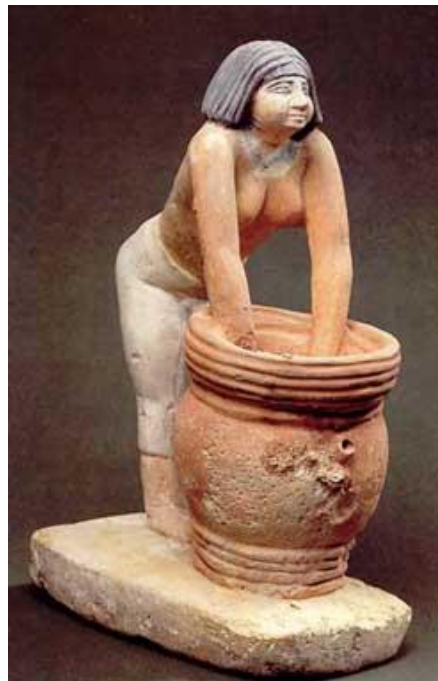


Figura 1: Mujer elaborando cerveza [2]

Siglos más tarde, los egipcios, admiradores de esta bebida alcohólica, crearon un signo jeroglífico para ella. También la utilizaban como remedio medicinal y como alimento.

En Egipto, el “*heneqet*”, era consumido por la clase baja mientras que la élite social bebía el “*zythum*”, una bebida similar, fermentada a base de otros tipos de cereales, dátiles y especias.



Figura 2: Obrero egipcio con cebada [3]

La cerveza o “*zythos*” llegó a Europa de la mano de los griegos. Estos, parece que le dieron o acentuaron el componente lúdico al integrar el consumo de cerveza en fiestas, ceremonias y otras celebraciones.

Más tarde llegó a Roma. Allí fue una bebida muy habitual, la llamaron “*cerevisia*”, origen evidente de nuestra palabra cerveza.

La progresión del imperio y el propio Mediterráneo, el gran canal por el que fluía la cultura, facilitaron que el proceso de elaboración de cerveza saltara de costa en costa, de civilización en civilización extendiéndose finalmente por toda Europa.

Curiosamente, esta bebida salvó miles de vidas en Europa. El agua para el consumo humano, no potabilizada entonces, contenía frecuentemente bacterias patógenas que origen de diversas enfermedades. La cerveza, sin embargo, eliminaba estas bacterias durante el proceso de fabricación.

Durante la Edad Media, se fue perfeccionando el proceso de elaboración de la cerveza ya que a veces era el único alimento que consumían los monjes durante la Cuaresma en conventos y abadías cristianas. Cada abadía del norte y centro de Europa guardaba la receta de su bebida que podía estar elaborada con distintos tipos de cereales.



Figura 3: Monjes bebiendo cerveza [4]

Hasta principios del siglo XII la única forma de conservar y aromatizar la cerveza era con el uso del “*gruit*”, una mezcla de diferentes tipos de hierbas como el romero, el mirto o el brezo.

En este siglo, Hildegard von Bingen (1098-1179), monja benedictina y abadesa de Rupertsberg, Alemania, descubrió los efectos del lúpulo en la cerveza: su capacidad de evitar la proliferación de microbios y hongos que infectaban a ésta, junto al toque de amargor característico que le proporcionaba haciéndola más ligera.

Este nuevo conservante supuso una revolución para el transporte y comercialización de la cerveza. Así fue como el “*gruit*” desapareció dando paso a un nuevo y definitivo ingrediente, el lúpulo.

En el siglo XIII, la cerveza dejó de ser un negocio exclusivo de los monjes y los laicos comenzaron a elaborarla también. Para poder competir con las abadías, ya entonces consolidadas productoras, los fabricantes de cerveza, al igual que en otros oficios, se unieron a través de los gremios, en este caso de cerveceros.

Durante los siglos XIV y XV surgen las primeras fábricas de cervezas, ubicadas en Alemania. A comienzo del XVI, para regular su fabricación, Guillermo IV creó la “*Reinheitgebot*” o Ley de Pureza (1516), que obligaba a utilizar únicamente tres ingredientes para la elaboración de cerveza: cebada malteada, agua y lúpulo.

La levadura era un componente desconocido por lo que, hasta ese momento, las fermentaciones se producían de forma espontánea. Lo único que se sabía es que la espuma producida durante la fermentación se podía utilizar para acelerar y mejorar el proceso de las siguientes producciones.



Figura 4: Gremio cervecero [5]

Hasta finales del siglo XV solo se conocía la fermentación a altas temperaturas, entre 15 y 25°C. Pero en el siglo XVI cuando los monjes benedictinos comenzaron a almacenar los barriles en las bodegas subterráneas, se descubrió otro tipo de fermentación, la fermentación a bajas temperaturas. Este tipo de fermentación donde las levaduras se depositaban en el fondo del barril era mucho más lento, pero proporcionaba mayor vida útil a la producción. Junto a esta importante propiedad se daban otras no menos determinantes en el futuro de la cerveza: menor turbidez y mayor suavidad. Así fue como nacieron las cervezas tipo lager.

A partir del invento de la máquina de vapor en 1765 por James Watt, con la Revolución Industrial se fueron desarrollando durante el siglo XIX todo tipo de máquinas que transformaron el modo de producir. La aparición de nueva maquinaria y, muy especialmente, la invención de la máquina frigorífica en 1871 por Carl von Linde, supuso un cambio definitivo para construir nuevas fábricas de cerveza y ampliaciones de éstas en todos los países desarrollados.

Otro personaje importante en la historia de la cerveza es Louis Pasteur (1822-1895). Este bioquímico francés descubrió que la fermentación no era sólo un proceso químico como se creía hasta entonces, también intervenían ciertas levaduras. Pasteur escribió: “*la fermentación del alcohol es un acto relacionado con la vida y la organización de las células de las levaduras, y no con la muerte y putrefacción de las células.*”

Poco después, en 1883, en los laboratorios Carlsberg, Emil Christian Hansen consiguió aislar una nueva cepa de levadura, la “*Saccharomyces Carlsbergensis*”. Una década más tarde Paul Linder, dio otro paso adelante por medio de su método de cultivo por gotas pequeñas, consiguiendo así utilizar las razas puras de levaduras y disminuir la influencia de contaminantes.



Figura 5: Louis Pasteur [6]

El comienzo del siglo XX no fué favorable para la industria de la cerveza, como tampoco lo fue para otros sectores industriales en unos años críticos que se prolongarían y culminarían con las dos grandes guerras.

Después de la destrucción, Europa intentaba renacer y crear un nuevo entramado industrial. En este contexto, fue la industria cervecera belga la primera en reaccionar. Se fueron creando grandes grupos cerveceros en detrimento de pequeños y medianos, consolidándose la industria y la expansión de la cerveza.

Con el final del siglo se entra en otra etapa. El consumo se ha multiplicado y ampliado el número de consumidores. Para muchos de ellos el abanico de expectativas hacia la cerveza se ha abierto y algunas de ellas no las encuentra en la cerveza industrial más económica y redirige la mirada hacia el cuidado, la variedad y la calidad de las cervezas artesanales.

En el siglo XXI se confirma el interés creciente por las cerveceras artesanales y su variada oferta de tipos de cerveza. El mercado ha cambiado y se ha abierto definitivamente un sólido nicho productivo. [1] [7] [8]

## 1.3 Evolución última y situación actual de la cerveza artesanal en el mercado global de la cerveza

### 1.3.1 Fenómeno global

En algo más de una década, el número de instalaciones de media y pequeña dimensión para la producción de cerveza artesanal ha crecido significativamente a nivel mundial.

Un fenómeno que empezó en Estados Unidos a finales de siglo XX, y que a día hoy cuenta en ese país con más de 5.670 pequeñas empresas cerveceras independientes con datos muy relevantes:

- 12,7 % de cuota de mercado cerveza de USA
- Facturación anual 26.000 millones de dólares
- 456.000 empleos directos

Paulatinamente esta dinámica de proliferación de microcerveceras se fue extendiendo a Gran Bretaña, Alemania, Australia y otros países, hasta convertirse en un fenómeno muy extendido a nivel global. Finalmente, también llegó a España en medio de la gran crisis económica que tan duramente ha afectado a este país.

### 1.3.2 Situación en España

Podemos apuntar varios factores que hacen de España un país idóneo para la proliferación de microcerveceras:

- El tipo de estructura empresarial

La economía española se caracteriza por un tejido empresarial con una elevada proporción de pequeñas y medianas empresas como muestra la Tabla 1 proporcionada por el Ministerio de Empleo y Seguridad Social.

| EMPRESAS POR TAMAÑO             | NÚMERO DE EMPRESAS | TASA DE VARIACIÓN % |            |
|---------------------------------|--------------------|---------------------|------------|
|                                 |                    | Intermensual        | Interanual |
| AUTÓNOMOS (SIN ASALARIADOS)     | 1.547.577          |                     | -0.19      |
| MICROEMPRESAS (1-9 ASALARIADOS) | 1.126.471          | -0.01               | 1,53       |
| PEQUEÑAS (10-49 ASALARIADOS)    | 142.278            | -0,35               | 5,35       |
| MEDIANAS (50-249 ASALARIADOS)   | 22.568             | 1,59                | 5,68       |
| PYME (1-249 ASALARIADOS)        | 1.291.317          | -0,02               | 2,00       |
| GRANDES (250 O MÁS ASALARIADOS) | 4.312              | 1,17                | 5,40       |
| EMPRESAS CON ASALARIADOS        | 1.2959.629         | -0,02               | 2,01       |
| EMPRESAS TOTALES                | 2.843.206          |                     | 0,80       |

Tabla 1: Empresas inscritas en la Seguridad Social en Julio 2017 [9]

- La disponibilidad de personal técnico cualificado

Anualmente, miles de egresados universitarios de Escuelas de Ingeniería o Facultades de Química se incorporan al mercado laboral en busca de una ocupación que active su formación y el esfuerzo social invertido en su capacitación.

- Elevada producción y consumo de cerveza

El volumen de fabricación de cerveza en España es de más 37 millones de hectolitros. Esto coloca a la industria cervecera española en el cuarto puesto como productor de la Unión Europea - solo por detrás de Alemania, Reino Unido y Polonia-, y novena del mundo.

- Factores adicionales favorables

Junto a las condiciones estructurales anteriormente citadas para una buena viabilidad de las microcerveceras en España, están las condiciones sociales y laborales derivadas de la grave crisis social y económica que hemos padecido en la última década en nuestro país.

El mercado de trabajo juvenil entró en quiebra y multitud de titulados universitarios quedaron en paro o se vieron obligados a salir del país en busca de una ocupación acorde a su formación. El desempleo juvenil alcanzó en 2016 en España el 36,8% (según informe OCDE de 11/9/2017).

Esto en un marco donde el número de empresas se redujo con una fuerte destrucción de sociedades y su consecuente destrucción de empleo. Durante el periodo de crisis 2008/2016 se han extinguido en España un total de 214.958, buena parte de ellas en el sector de pymes.

La conjunción de todo lo anteriormente referido ha generado un marco más que propicio para el desarrollo de nuevas instalaciones de baja inversión y alta cualificación técnica para conseguir autoempleos. Las micro productoras de cerveza artesanal a las que se dedica el presente proyecto, son un buen ejemplo de ellas.

### 1.3.3 Situación actual del sector cervecero

En la actualidad la cerveza a nivel global es un sector pujante en España:

- Sostiene más de 344.000 puestos de trabajo entre directos e indirectos, el 90% en hostelería
- Las ventas de cerveza crecieron un 3,7% en 2017
- Es el cuarto país productor de la UE
- Casi el 90% de la cerveza consumida en España se elabora en España

En el sector concreto de la cerveza artesanal y las microcerveceras, el crecimiento en España en los últimos años ha sido notablemente acelerado. La Figura 6 muestra la situación referida a 2014 de este sector. España ocupa el 6º lugar de Europa con 314 instalaciones.



Figura 6: Las cerveceras en España [10]

Cabe destacar que entre 2008 y 2014 el crecimiento instalaciones productoras de cerveza artesanal fue de 1.395 %. Los datos muestran pues una situación solvente y pujante del sector de la cerveza en España y son más marcados todavía los referidos a las microcervecías.

### 1.3.4 Perspectivas para el sector de microcervecías en España

El espectacular crecimiento referido en España parece coherente con todo lo expuesto anteriormente; y aún se podría pensar que resta recorrido si se observan algunas dinámicas que podrían contribuir a ello.

El consumo de productos autóctonos está crecientemente influido por la demanda de los visitantes turísticos. Los viajeros, tanto nacionales como internacionales se sienten atraídos por lo singular e identitario de la región que visitan y, cada día más, los modelos de desarrollo turístico sostenible proponen el consumo de productos autóctonos en la gastronomía.

España es el segundo país a nivel mundial en recepción de turistas internacionales. En 2017 la visitaron 82 millones de turistas, lo que supone un 8,9% más que en 2016, una cifra nunca antes alcanzada.

Un dato refleja el claro vínculo entre turismo y consumo de cerveza 99,5% de los visitantes extranjeros mayores de 18 años, afirma haber consumido cerveza durante su estancia en España.

Es este marco, la cerveza artesanal como producto local y de calidad puede constituirse en un contribuyente valioso de la oferta gastronómica en cada destino turístico de excelencia.

#### 1.3.4.1 Andalucía

Andalucía forma parte esencial del mercado turístico internacional. Con un crecimiento del 9,2%, el pasado año recibió más de 11 millones de turistas extranjeros. A ello se une el más que importante flujo de turismo nacional. Es la primera región de Europa en recepción total de turistas con 30 millones anuales. Además, hay que considerar que Andalucía es una de las regiones más calurosas de Europa, lo que lleva aparejado un mayor consumo de bebidas, y participa de la costumbre del tapeo y las cervezas.

El Presidente de la Asociación de Hostelería de España afirmó recientemente que: *"La cerveza forma parte del modelo mediterráneo de convivencia social en bares, cafeterías, restaurantes y mesones"*.

No es extraño pues que Andalucía liderara el consumo de cerveza en España en 2017

Todo lo anteriormente expuesto a nivel nacional (creciente demanda de consumo de cerveza artesanal, desempleo joven, técnicos cualificados disponibles, predominancia de pymes...) se acentúa en Andalucía. Se da una conjunción multiplicadora al sumar las potencialidades turísticas de Andalucía y todos los factores analizados en los apartados previos en favor de cualquier iniciativa de producción de cerveza artesanal.

Se puede considerar a Andalucía, por todos los factores apuntados anteriormente, como la región idónea para la implantación de una microcervecía de producción de cerveza artesana. El clima, el gusto por la gastronomía mediterránea, la importancia del turismo, y las necesidades de industrialización regional confluyen favorablemente para ello.

Existen ya muchas experiencias de éxito como: *"Ruben's"*, *"Desiderata"*. Cervezas artesanas andaluzas que cuentan con premios en certámenes nacionales y un mercado creciente.

La gran mina de clientes de la cerveza artesanal está en Andalucía, tierra de calores. *"El boom de las cervezas artesanales"* experimentado hasta ahora en Andalucía puede ser solo el comienzo. [11] [12]

## 1.4 Tipos de cerveza

La categorización de cada cerveza puede estar relacionada, con el color, el país de origen, los ingredientes utilizados para su elaboración, el tipo de levaduras u otros factores distintivos, pero principalmente se clasifican en tres tipos de cerveza, en función de la levadura utilizada para la fermentación.

### 1.4.1 Ale

Este tipo de cerveza es producto de una fermentación a altas temperaturas mediante una levadura particular, "*Saccharomyces cerevisiae*".

Las cervezas tipo ale se caracterizan por ser aromáticas, con toques afrutados y algo más sabrosas debido a las altas temperaturas de fermentación, cercanas a los 25°C. La fermentación tiene una duración de unos tres o cuatro días.

Se consideran cervezas tipo ale, las porter, stout, pale ale, de abadía, trapenses o incluso las cervezas de trigo.

### 1.4.2 Lager

El término "*lagern*" significa almacenar o guardar en alemán. Este tipo de cerveza es consecuencia de fermentaciones a bajas temperaturas. Tienen una duración más larga y las levaduras, "*Saccharomyces pastorianus*", actúan de forma diferente a las de tipo ale, depositándose en el fondo.

Estas cervezas son mucho más brillantes y tienen sabores más frescos y ligeros.

Las cervezas tipo pilsen, bock, helles, dunkel, märzen son consideradas cervezas tipo lager.

### 1.4.3 Lambic

Estas cervezas son producto de la fermentación espontánea al aire, con bacilos ácidos y levaduras salvajes. Actualmente este tipo de cerveza sólo se elabora en una zona concreta de Bélgica, y es el resultado de la actuación de las levaduras que se encuentran en el ambiente durante varios meses y con una maduración de hasta cuatro años.

Las lambic tienen en ocasiones frutas rojas como las frambuesas o las cerezas. Se caracterizan por tener un sabor bastante ácido con toque agrio.

La gueuze, fardo, kriel y framboise son cervezas de fermentación espontánea. [8]



Figura 7: Espuma creada por la acción de la levadura en fermentador abierto [13]

## 1.5 Ingredientes de la cerveza

La cerveza es una bebida elaborada a partir de cuatro materias primas combinadas y tratadas convenientemente: Agua, malta, lúpulo y levadura. La calidad de estos cuatro elementos influye notablemente en el resultado final, en la calidad del producto final. Un correcto uso de estas materias primas y el conocimiento de su influencia en el proceso de elaboración de la cerveza, proporcionan el fundamento para su tratamiento y procesado.

### 1.5.1 Agua

El agua supone más del 90% del volumen total de esta bebida. Como los granos utilizados para la producción de cerveza tienen un contenido muy bajo en agua es indispensable añadirla externamente para que los azúcares procedentes de la malta triturada fermenten y se transformen así en alcohol.

El agua, incolora e inodora, es un elemento indispensable. Su perfil mineral varía según su procedencia, y éste puede afectar al sabor, color e incluso en la formación de espuma.

Los carbonatos hacen que el color de la cerveza sea más oscuro y los sulfatos favorecen el amargor y el sabor seco en la cerveza.

#### 1.5.1.1 Iones disueltos

En el agua utilizada para la elaboración del mosto cervecero, se diferencian los iones entre activos e inactivos según interactúen con los componentes de la malta y según puedan modificar el pH de la solución malta-agua formada para la maceración.

- Las sales de sodio y potasio se consideran iones inactivos
- Los iones procedentes de las sales de magnesio y calcio, se consideran iones activos. Estos representan el grado de dureza del agua.

Las aguas blandas, pobres en sales, son ideales para la elaboración de cervezas rubias. Por otro lado, las aguas de gran dureza son las adecuadas para las cervezas oscuras.

La Tabla 2 nos muestra los rangos en los que se deben encontrar los iones para la maceración y cocción del mosto de forma correcta.

| IONES DISUELTOS              | VALOR MÍNIMO (PPM) | VALOR MÁXIMO (PPM) |
|------------------------------|--------------------|--------------------|
| <b>CALCIO</b>                | 50                 | 150                |
| <b>MAGNESIO</b>              | 10                 | 30                 |
| <b>POTASIO</b>               | 5                  | 10                 |
| <b>SODIO</b>                 | 5                  | 150                |
| <b>BICARBONATO/CARBONATO</b> | 0                  | 250                |
| <b>CLORURO</b>               | 0                  | 250                |
| <b>SULFATO</b>               | 10                 | 250                |

Tabla 2: Valores adecuados de los principales iones en el agua cervecera [14]

#### 1.5.1.2 pH

El pH se utiliza para medir la acidez o alcalinidad del agua. Un valor inferior a 7 indica un agua ácida, y por encima de este valor, alcalina. Durante el proceso de maceración el pH se acidifica hasta 5,2-5,6. Medio ideal para que las enzimas actúen liberando los azúcares de la malta.

## 1.5.2 Malta

La malta es otro de los ingredientes fundamentales de la cerveza. Este grano de cereal malteado aporta el almidón y las enzimas que lo descomponen en los azúcares necesarios para la fermentación del mosto de la cerveza.

Por otro lado, además del color, el cereal malteado aporta una variedad de sabores, según el grado de tostación, que enriquecerán la cerveza. También contiene proteínas, que además de aportarle cuerpo a la cerveza es uno de los alimentos indispensables para el crecimiento de las levaduras.

Los cereales más utilizados para la elaboración de cerveza son la cebada y el trigo. Para la utilización de estos granos de cereales es necesario que sean malteados. El uso de otros cereales no malteados, denominados adjuntos, también aportará cualidades gustativas.

### 1.5.2.1 Cebada

La cebada, "*Hordeum vulgare*", a diferencia del resto de los cereales, posee ciertas cualidades que facilitan su uso para la fabricación de cerveza. El cultivo de la cebada, muy extendido en Europa donde se concentra el 70 % de la producción mundial, se focaliza en dos variedades según el uso: la "*Hordeum hedosxastichon*", cultivada para la obtención de forraje y piensos compuestos para la ganadería, y la "*Hordeum distichon*", la que en este caso nos interesa, ideal para la elaboración de cerveza.

La cebada contiene poco gluten y conserva su vaina tras la trilla. Estas dos características facilitan la extracción de azúcares durante la maceración y la filtración de los residuos generados. El uso de la cebada no malteada proporciona más cuerpo a la cerveza y le da mayor consistencia a la espuma.

La cebada utilizada para el mundo de la cerveza debe tener las siguientes características: [7]

- Grano grueso, redondeado y uniforme.
- Cascarrilla fina y rizada
- Color amarillo claro
- Baja capacidad de letargo.
- Buena capacidad de absorción de agua.
- Germinación rápida.
- Elevada actividad enzimática o poder diastático.



Figura 8: Cebada [15]

#### 1.5.2.1.1 Cebada de verano

La cebada de verano, conocida como cebada de dos carreras, se caracteriza por disponer de tres espiguillas de las cuales la única fértil es la central.

#### 1.5.2.1.2 Cebada de invierno

La segunda especie es la cebada de seis carreras. A diferencia de la de dos carreras, sus tres espiguillas sí son fértiles. Este tipo de cebada es menos utilizada para la elaboración de cerveza.

### 1.5.2.2 Tipos de malta de cebada

Generalmente las maltas llevan el nombre del tipo de cerveza que elaboran. La gran mayoría se denominan según el nombre del lugar donde se tuestan o el sabor que aportan. Lo normal es hacer la distinción según el grado de tostación:

#### 1.5.2.2.1 Básicas

Se utilizan en mayor cantidad para la elaboración de la cerveza. Son las maltas con mayor poder enzimático o poder diastásico por lo que aportarán una gran cantidad de azúcares. El tostado de las maltas básicas se realiza a bajas temperaturas y durante un período muy corto de tiempo, por eso son las más claras. Este tipo de malta debe representar, al menos, un 50% de la cantidad total de cereales.

#### 1.5.2.2.2 Mixtas

Las maltas “*Caramel*”, también conocidas como “*Crystal*” por los ingleses, poseen un tostado medio que les permite fermentar un porcentaje menor de los azúcares que en las maltas básicas. Su color es más oscuro y el sabor dispone de un toque dulce y afrutado.

#### 1.5.2.2.3 Especiales

Estas maltas se obtienen con tostados a temperaturas superiores a 170°C que anulan por completo todas las enzimas, por lo que se emplean únicamente para aportar aromas y color. Por este motivo, se utilizan para la elaboración de cervezas tostadas y negras.



Figura 9: Maltas con diferentes grados de tostación [16]

Es esencial mantener unas determinadas proporciones de maltas para que haya la suficiente cantidad de enzimas capaces de transformar todos los azúcares simples en fermentables. Las maltas mixtas y tostadas se añaden en menor proporción debido al pobre poder enzimático, ya que únicamente aportan almidón y sabores particulares.

Según la proporción de maltas utilizadas se obtendrán cervezas de diferentes colores como muestra la Figura 10.



Figura 10: Diferentes colores de cerveza según su proceso de elaboración y malta utilizada [17]

El “*Standard Reference Method*” es método utilizado por los cerveceros para definir el color de una cerveza. Para calcular el SRM, con ayuda de un espectrofotómetro, se hace pasar un rayo de luz con una longitud de onda de 420 nm a través de 1cm de cerveza y se mide la luz resultante.

Otro método utilizado en Europa es el EBC “*European Brewers Convention*”, que originariamente se basaba en un proceso de comparación, pero que ahora también es calculado usando un espectrofotómetro.

### 1.5.2.3 Trigo

El trigo se diferencia de la cebada por no tener cáscara, tener un menor poder enzimático y un mayor nivel de proteínas. Ambas características dificultan el proceso de fabricación.

El trigo se suele utilizar de forma malteada y no como adjunto. Para las cervezas de trigo tipo ale, se puede utilizar hasta un 60% de trigo.

### 1.5.3 Adjuntos

El potencial enzimático de la cebada malteada es suficiente para degradar almidón adicional, por lo que en algunos países se decide sustituir parte de la malta por un máximo del 20% de cereal sin maltear. En el caso de ser un porcentaje superior, es necesario hacer una maceración por separado de cada grano.

El grano de cereal sin maltear, que es más económico como proveedor de almidón que la malta, es denominado adjunto. Se consideran aquí, maíz, sorgo y arroz.

### 1.5.4 Lúpulo

El lúpulo "*Humulus lupulus*", es el máximo responsable del amargor, sabor y aroma de la cerveza, y de la estabilidad y consistencia de la espuma.

El lúpulo es una planta trepadora con tallos que llegan a los 7 u 8 metros y hojas lobuladas, de la familia de las cannabáceas. Las flores, son diferentes las masculinas, nada vistosas, de las femeninas que se agrupan a modo de piñas o conos. Estas últimas, de color verde claro, son las que se utilizan para la elaboración de cerveza pues contienen en su interior bajo las brácteas unos gránulos con las resinas y los aceites esenciales que aportan a la cerveza el amargor, aroma y sabor característicos.

Junto a las propiedades organolépticas de la cerveza, el lúpulo aporta otras propiedades de interés como las antibacterianas, muy importantes para que la cerveza se conserve fácilmente.



Figura 11: Lúpulo en rama [18]

#### 1.5.4.1 Componentes

Los siguientes componentes se encuentran en unos gránulos resinosos que se encuentran bajo las brácteas de las flores del lúpulo femenino, llamados glándulas de lupulina, la esencia de este oro verde transferirá todas las características y peculiaridades a cada tipo de cerveza. [7]

- Aceites esenciales

Como el humuleno, mirceno o farnaseno, responsables del aroma característico de la cerveza.

- Alfa ácidos

Son resinas que otorgan el amargor, como la humulona, cohumulona y adhumulona. Los porcentajes de alfa-ácidos de las distintas variedades oscilan entre el 3% y el 12%, llegando hasta el 15% de algunos lúpulos super amargos.

- Beta ácidos

Como las lupulonas, diez veces menos amargas que los alfa-ácidos.

- Flavonoides

Como la rutina y quercetina, de acción antioxidante.

- Taninos

Con propiedades antibacterianas. Los taninos inhiben el desarrollo de bacterias lácticas y acéticas que pueden estropear el proceso de elaboración de la cerveza. También provocan la coagulación de las proteínas durante la cocción del mosto, lo que facilita el clarificado de la cerveza.

- Aminoácidos

Como la lisina, valina, fenilalanina, serina o isoleucina.

- Minerales

Como el aluminio, calcio, magnesio, cobalto, manganeso, fósforo y potasio

- Vitaminas

Como la roboflavina, tiamina y vitamina C.

#### 1.5.4.2 Clases de lúpulos

Como ya se ha dicho, el lúpulo es el responsable del aroma y amargor característicos de la cerveza. Esta propiedad determina que según el lúpulo empleado entre la amplia variedad de éstos que hay en la actualidad, y el momento y modo de su utilización, se obtenga un aroma y un sabor propios.

##### 1.5.4.2.1 Lúpulos amargos

Los lúpulos con altos niveles de alfa-ácidos son los responsables del amargor. Este tipo de lúpulo se añade al inicio de la ebullición del mosto.

##### 1.5.4.2.2 Lúpulos de sabor

Son lúpulos aromáticos con mayor cantidad de aceites esenciales y menor de alfa-ácidos. Si se quiere aportar sabor es conveniente aportar el lúpulo entre 15-25 minutos antes de que finalice la cocción.

##### 1.5.4.2.3 Lúpulos aromáticos

Al igual que los lúpulos saborizantes, poseen una alta cantidad de aceites esenciales. Los lúpulos aromáticos se incluyen una vez finalizado el hervor del mosto final, antes del enfriado y previamente a la fermentación.

La Figura 12 muestra de forma detallada los tiempos recomendados de cocción para obtener el máximo rendimiento de cada clase de lúpulo.



Figura 12: Tiempo de cocción de cada variedad de lúpulo para obtener el total de sus propiedades [19]

La Tabla 3 muestra seis tipos de lúpulos muy utilizados en la elaboración de diferentes estilos de cerveza.

|                     | ALPHA<br>ÁCIDOS | ESTILOS TÍPICOS                               | POSIBLE ESTUDIO                                        | SABOR<br>CARACTERÍSTICO                                |
|---------------------|-----------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>CASCADE</b>      | 4,5% a 7%       | Pale Ale, IPA, Porter                         | Centennial, Amarillo, Columbus, Possibly               | Agradable, floral, especiado y cítrico. Pomelo.        |
| <b>FUGGLE</b>       | 4% a 5,5%       | Estilos ingleses y americanos                 | UK Fuggle, Willamette, Styrian Golding, U.S Tettnanger | Suave y agradable, terroso y frutal                    |
| <b>MAPUCHE</b>      | 7%              | Estilos Ale, cervezas de trigo                | Cascade, Centennial                                    | Variedad aromática, suave, refinado. Levemente cítrico |
| <b>NUGGET</b>       | 11% a 14,5 %    | Lager ligeras                                 | Columbus, Chinook, U.K, Target, Galena                 | Medio-fuerte herbáceo.                                 |
| <b>SAAZ</b>         | 2% a 5%         | Aroma para Bohemian style lagers              | Sin sustituto                                          | No muy vigoroso. Aporta notas terrosas y florales.     |
| <b>GOLDING (US)</b> | 4% a 6%         | Pale ale. Todas las cervezas de estilo inglés | Fuggle, U.K golding                                    | Suave, muy agradable y delicado.                       |

Tabla 3: Algunos de los lúpulos más utilizados en la industria cervecera [20]

### 1.5.4.3 Formas

Para impedir procesos de fermentación y oxidación, los lúpulos pasan a cámaras de secado donde perderán casi el total de la humedad original.

Los conos pueden comercializarse enteros y prensados, en forma de pellets y como extracto líquido.

#### 1.5.4.3.1 Lúpulo natural

Son los más utilizados para la elaboración artesanal. Los tipos de condicionamientos actuales permiten una conservación razonable durante algunos meses. Su principal inconveniente, además de su rápido deterioro en comparación con otras formas, es la gran cantidad de merma que producen al ser retirados.

#### 1.5.4.3.2 Pellets

Con el fin de reducir el volumen de lúpulo y el deterioro de los conos durante su almacenamiento, se optó por la fabricación de los “*pellets*”. De este modo se mejora la conservación al reducirse el contacto con el aire y mejorarse el control de la humedad.

Este tipo de lúpulo es el más utilizado en la industria cervecera. Dentro de este formato se distinguen los siguientes:

- Tipo 90
- Enriquecidos (45)
- Isomerizados

#### 1.5.4.3.3 Extracto de aceites

En otro formato de comercialización los alfa-ácidos y aceites esenciales han sido aislados mediante disolventes. Esto permite encontrar extractos de aceites para ajustar el nivel de amargor tras la fermentación y otros para influir sobre el sabor y los aromas. Estos extractos tienen una alta concentración de sus componentes. Esta cualidad es determinante en su utilización en la industria al reducirse notablemente el volumen necesario de lúpulo para la producción de cerveza.

### 1.5.5 Levadura

La levadura es un hongo microscópico unicelular responsable la fermentación del mosto. Pese a los miles de años de antigüedad de la cerveza, la levadura "*Saccharomyces cerevisiae*" no fue descubierta hasta el siglo XIX por Louis Pasteur.

Las levaduras son las causantes de convertir el mosto cervecero en cerveza mediante la transformación de azúcares fermentables, extraídos enzimáticamente del almidón, en alcohol etílico y anhídrido carbónico.

La Figura 13 representa la variación del número de células vivas respecto al tiempo, en ella se observa cuatro etapas diferentes:

- La fase aeróbica es la primera fase de crecimiento de la levadura, donde gracias al oxígeno la levadura es capaz de reproducirse exponencialmente en muy pocas horas.
- La siguiente fase, mucho más larga, es la fase anaeróbica, donde las células de levadura convierten los azúcares fermentables del mosto en alcohol y moléculas aromáticas como los fenoles y ésteres. También se produce una gran cantidad de anhídrido carbónico o dióxido de carbono, causante de la aparición de una espuma espesa, "*krausen*", que acabará por rebajarse.
- Entre 2-4 días después de esta fermentación primaria o tumultuosa en el caso de ser tipo "*ale*" y hasta 10 días en el caso de ser "*lager*", cuando todos los azúcares fermentables son metabolizados, la actividad se reduce notablemente.
- Las células reabsorben algunas moléculas segregadas durante la fermentación tumultuosa, y a continuación, mueren o reposan en el fondo del fermentador.

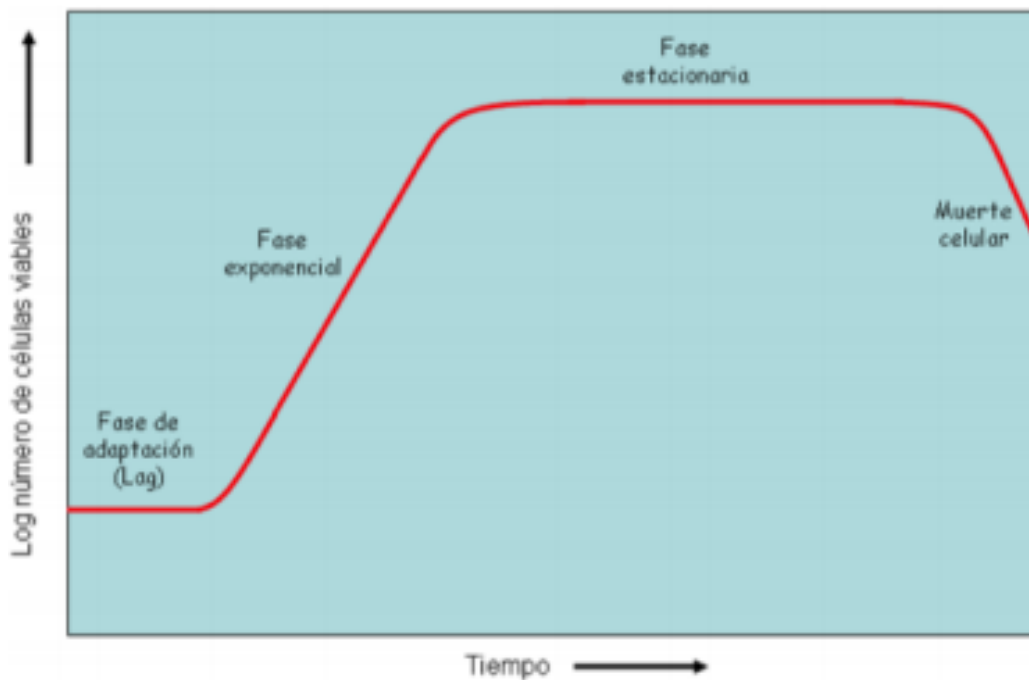


Figura 13: Ciclo de la levadura en el mosto [21]

La Figura 14 muestra como con el paso de los días el mosto va convirtiéndose en cerveza mediante la transformación de azúcares fermentables en etanol y  $\text{CO}_2$ .

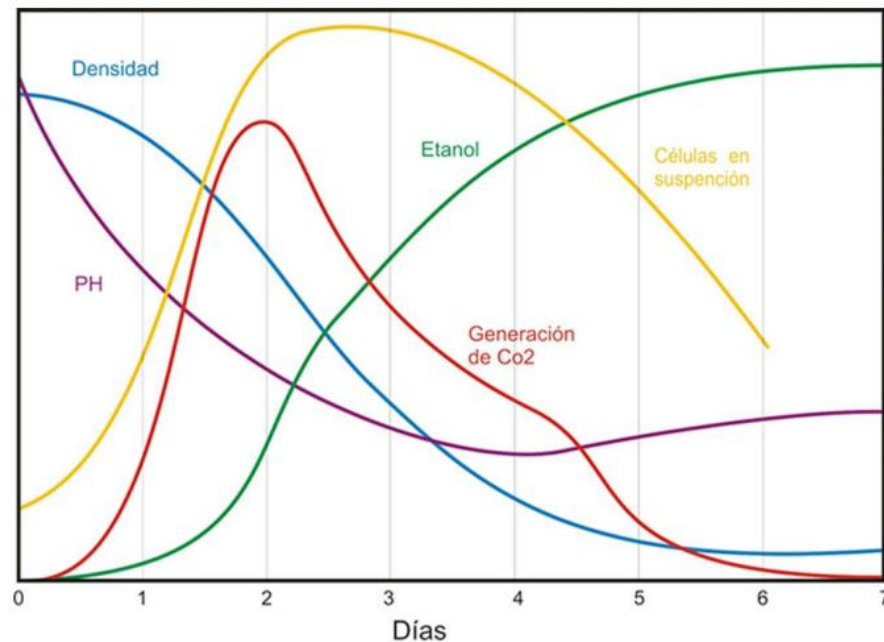


Figura 14: Concentración de diversos componentes respecto a los días de fermentación [13]

#### 1.5.5.1 Clase de levaduras

En el ambiente existen multitud de levaduras en su hábitat natural, denominadas “espontáneas” o “salvajes”. Estas levaduras presentan una gran diversidad, con diferentes adaptaciones y actividad.

En la elaboración de la cerveza se utilizan, básicamente, levaduras seleccionadas pertenecientes a dos especies del género “*Saccharomyces*”

##### 1.5.5.1.1 Levaduras de fermentación baja

También conocida como levaduras lager “*Saccharomyces pastorianus*” o “*Saccharomyces carlsbergensis*”. Tienden a flocular y amontonarse en el fondo del depósito. Fermentan a bajas temperaturas entre 8-15°C, y son capaces de fermentar azúcares de cadena larga, algo que no sucede en las de alta fermentación. El proceso de fermentación a bajas temperaturas es mucho más lento, produce poca espuma y da a las lager la sensación en boca mucho más ligera. Como subproducto de la fermentación, se producen compuestos sulfurados que dan el sabor característico de las lager.

##### 1.5.5.1.2 Levadura de fermentación alta

Más conocidas como levaduras ale “*Saccharomyces cerevisiae*”. Fermentan a temperaturas más elevadas que las lager, entre los 17-24°C. Este tipo de levaduras suben a la superficie del mosto tras la fermentación, formando una capa gruesa de espuma. Suelen emplearse en fermentadores abiertos. Entre sus subproductos producen ésteres y fenoles que dan a la cerveza los sabores afrutados y especiados tan característicos de las ale. [1] [7] [8] [22] [23]

Esta tabla resume lo explicado con anterioridad: la temperatura necesaria para la inoculación de la cerveza según el tipo de cerveza que se quiera obtener y levadura utilizada con su forma de actuar.<sup>1</sup>

|                                                                                | <b>LAGERS</b>                                       | <b>ALE</b>                                                    | <b>LAMBIC</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>TEMPERATURA<br/>FERMENTACIÓN (°C)</b>                                       | 8 a 15                                              | 17 a 24                                                       | 17 a 24       |
| <b>VELOCIDAD FERMENTACIÓN<br/>(°P/DÍA) (MEDIDO EN LOS<br/>PRIMEROS 4 DÍAS)</b> | 1,5 a 3                                             | 3 a 5                                                         | N/A           |
| <b>ASPECTOS DE PROCESO<br/>FERMENTATIVO</b>                                    | Levadura al fondo cuando<br>termina la fermentación | Levadura a la superficie<br>cuando termina la<br>fermentación | N/A           |

Tabla 4: Tipos de fermentación [24]

<sup>1</sup> Bibliografía del Capítulo 1 [1; 7; 8; 11; 12; 22; 23]

## 2 PROCESO DE ELABORACIÓN

En este apartado se describirá el proceso de elaboración de la cerveza desde la recepción de la materia prima hasta el envasado del producto, como se puede ver en la Figura 15.

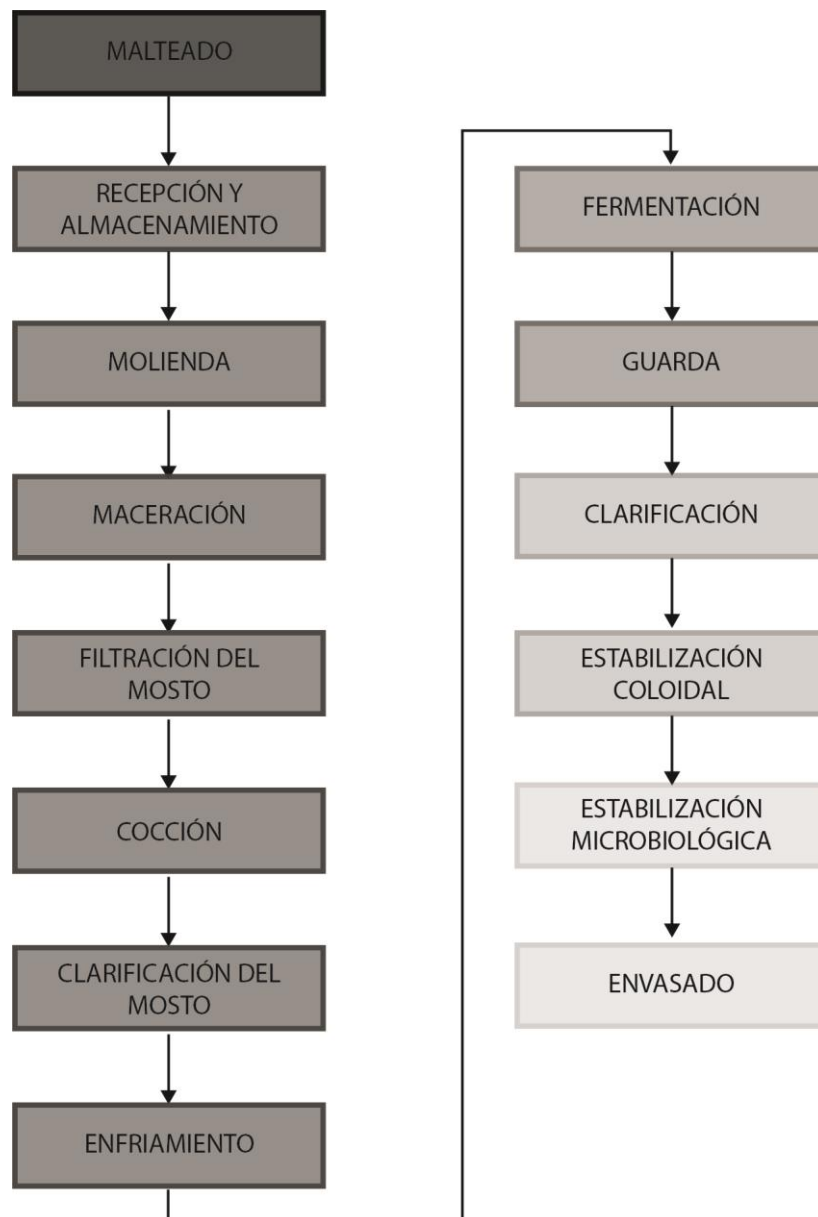


Figura 15: Diagrama del proceso [25]

## **2.1 Primera fase**

### **2.1.1 Malteado**

En la elaboración de la cerveza el primer paso es el malteado del cereal, proceso por el cual el grano de cebada o trigo se convierte en malta, se realiza en las malterías con una duración de unos diez días. Este proceso es fundamental para lograr que los gránulos de almidón sean accesibles a las enzimas amilolíticas, que descomponen el almidón en azúcares simples.

Como se puede observar en la Figura 16 el proceso del malteado consta de varias fases. En primer lugar, el grano de cereal, tras un periodo de remojo en agua templada, germinará. Esta acción provoca la aparición de moléculas, las enzimas amilasas, que conseguirán, durante la maceración, transformar el almidón en azúcares.

Este proceso es conveniente que se realice externamente debido a la gran complejidad del proceso y los altos costes que supone su fabricación.

#### **2.1.1.1 Remojo**

El remojo consiste en humidificar el grano, bien sumergiéndolo en agua, donde será removido y aireado, o extendiéndolo sobre superficies muy amplias y remojándolo con aspersores. Esta prime etapa, donde el grano pasa de 14% a 45% de humedad dura alrededor de dos días.

#### **2.1.1.2 Germinación**

Una vez alcanzado el grado de humedad óptimo el grano se extiende en capas en los depósitos y se deja germinar. En este periodo aparecerán las raicillas, que durará hasta que alcancen el mismo tamaño del grano.

Lo más importante de la germinación es la aparición de las enzimas de alto poder diastásico, capaces de cortar la molécula de almidón, y reducirla a azúcares simples como la glucosa y la maltosa, transformables, estas sí, en alcohol por la levadura. Los azúcares no fermentables, como la dextrina y maltotriosa, permanecerán en la cerveza aportándole cuerpo.

#### **2.1.1.3 Secado y tostado**

En la etapa de secado, la malta verde expuesta a temperaturas entre 50°C y 130°C durante 40 horas reduce la tasa de humedad del 40% al 5%. Con el secado se estabiliza el grano y se impide la actividad enzimática. Posteriormente, la malta se somete a un golpe de fuego que dará el tostado final.

Para obtener maltas claras, se debe realizar un desecado rápido y a bajas temperaturas y el tostado no debe sobrepasar los 85°C. En el caso de querer elaborar maltas más oscuras, se trabaja de forma más lenta y a temperaturas bajas; sin embargo, la temperatura de tostación se eleva notablemente pudiendo alcanzar los 200°C.

En este proceso, las maltas obtenidas marcarán los colores y sabores que transferirán a las cervezas.

#### **2.1.1.4 Eliminación de raicillas**

Durante el enfriamiento de la malta se eliminan las raicillas con el uso de plataformas vibratorias o tambores rotatorios. Finalmente, se obtiene un producto libre de raicillas y con una amplia gama de colores según el grado de tostación.

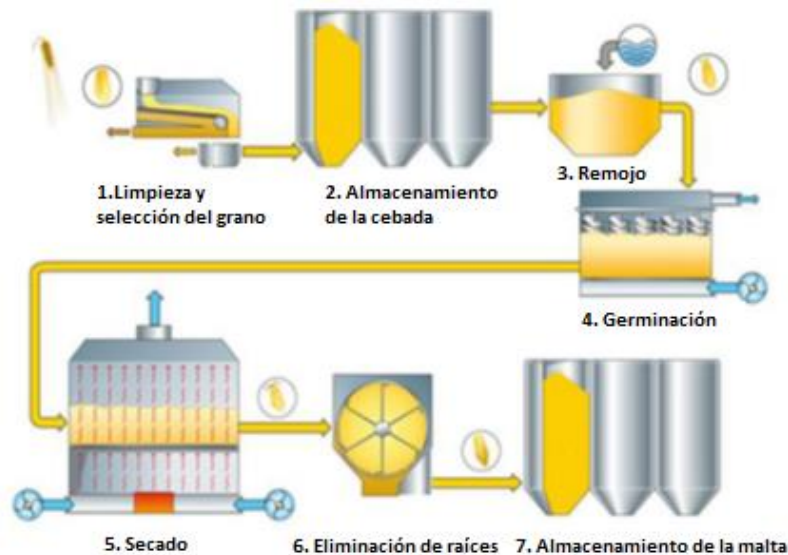


Figura 16: Diagrama de las etapas del malteado [26]

### 2.1.2 Recepción y almacenamiento

La recepción de materias primas contiene operaciones como la descarga, limpia, almacenamiento y transporte interno.

Las principales materias primas sólidas que se reciben a granel son la malta y otros cereales en el caso de utilizar adjuntos. El lúpulo se recibe habitualmente en forma de “*pellets*”, envasado al vacío o en atmósfera inerte, o de otras formas vistas anteriormente.

El primer paso es la descarga del producto a granel, que puede realizarse en diferentes modalidades de recintos. En segundo lugar, se procede a las operaciones de distribución y limpia, cuyo objetivo es asegurar que únicamente materia prima de alta calidad entre en la línea de producción para su procesamiento y finalmente el almacenamiento en silos.

Posteriormente, la malta se transporta desde los silos hasta los puntos de utilización de ésta. En las operaciones propias se origina polvo de malta a causa de la abrasión, el cual debe ser separado mediante sistemas filtrantes.

Las materias primas pueden venir con algunos componentes no aptos (partículas metálicas, piedras, etc) o con características físicas variables (malta fuera de especificaciones).

La limpia se puede realizar con varios tipos de cribas o tamices, separadores de metales y/o separadores densimétricos. Para una limpia más eficaz, estos equipos se someten a aspiración del aire que las cerca y el polvo de malta se retira en un sistema de filtración. La eliminación de cuerpos extraños metálicos disminuye el riesgo de explosión y prolonga la vida útil de los equipos y sistemas.

Durante el acondicionamiento de la malta o el molturado se pueden formar chispas si existen impurezas metálicas y esto puede ser causa de explosiones, de ahí, la importancia de instalar un separador magnético y un separador de partículas minerales previamente a los molinos.

La malta a granel puede transportarse internamente mediante transporte neumático y transporte mecánico.

### 2.1.3 Tratamiento del agua

El agua, como ya se ha visto, es un elemento fundamental en la elaboración de la cerveza y, por tanto, es determinante su calidad para la propia calidad de la cerveza. La variedad de aguas en los diferentes puntos de producción nos puede llevar a variaciones en el sabor y otras características de la cerveza, por lo que se hace necesaria la estandarización del agua de proceso para mantener las características propias y evitar problemas en los procesos de extracción, formación enzimática y precipitación. [7] [23] [25] [27]

## 2.2 Segunda fase:

### 2.2.1 Molienda

La molienda o molienda de la malta se realiza con la ayuda de un molino y se busca con ella reducir el tamaño de la malta y aumentar así la superficie de contacto con el agua. De este modo se facilita la disolución del almidón y, más tarde, su conversión en azúcares por la acción de las enzimas.

En este proceso es muy importante que la trituración no llegue a eliminar la cascarilla, pues si se degrada por completo, además de liberar taninos que producen una astringencia desagradable y enturbian la apariencia de la cerveza, desaparecerá el filtro natural que conforman las cascarillas necesario para la etapa de filtración.

Según el tipo de cerveza, se pueden añadir otros cereales no malteados como el trigo, arroz o maíz, denominados “*grit*”, que aportarán sabores y consistencia a la espuma y cuerpo a la cerveza. Estos cereales requieren una cocción previa obligatoria para permitir que el almidón se disuelva en el mosto y facilitar su conversión en azúcares.

Existe un amplio rango de técnicas y equipos de molienda en el mundo de la cerveza. La molienda se puede realizar en seco o en húmedo. En el caso de trabajar en húmedo es necesario acondicionar la malta, es decir, hidratarla, antes de la molienda.

#### 2.2.1.1 Molienda en seco

La molienda en seco es la más utilizada para producciones a pequeña escala ya que la malta no requiere el proceso de alto coste como es el acondicionado. La molienda en seco consiste en moler el grano entero, incluyendo la cascarilla, sin deshacerla, como ya hemos mencionado anteriormente.

La distancia de los rodillos determinará el tamaño de partícula y el grado de ruptura de la cascarilla. Los dos tipos de molinos más utilizados en la industria cervecera son el molino de rodillos y el molino de martillos.

El tipo de molienda está estrechamente relacionado con el proceso de filtrado. La molienda en seco es más compatible con los filtros prensa, aunque también se puede utilizar con las cubas filtro.

A nivel industrial se utilizan ciclones o filtros de mangas como una parte integral de la molienda para recuperar el polvo generado.

La molienda seca se almacena en depósitos intermedios antes de ser añadida a la cuba de empaste.

#### 2.2.1.2 Molienda en húmedo

En el sistema de molienda en húmedo, la malta es previamente acondicionada, introduciéndola en agua a una temperatura entre 30°C y 75°C hasta que la malta alcanza el grado de hidratación deseado. Como consecuencia del acondicionamiento, la cascarilla del grano pasa a ser más flexible y puede resistir la acción del molino casi intacta.

El acondicionamiento de la malta es una práctica frecuente en las plantas que utilizan cubas filtro, ya que la cascarilla se utiliza como lecho filtrante y hay que tener la precaución de que no se dañe.

A continuación, se pasa la malta acondicionada por un molino de un solo par de rodillos. Posteriormente se mezcla el grano triturado con agua y se envía directamente a la cuba de maceración.

### 2.2.2 Maceración

La maceración consiste en introducir malta molida en agua caliente para propiciar la acción de las enzimas y extraer los azúcares, este proceso es conocido como sacarificación.

La proporción de la mezcla agua-malta, llamada empaste, es de 3 a 1; es decir, se necesitan tres litros de agua por cada kg de malta. El rango varía según la escala a la que se trabaje.

El principal objetivo de la maceración es la obtención del máximo rendimiento de extracto. Para ello, se deben controlar escrupulosamente determinados parámetros como el tiempo de maceración, la temperatura, el pH y la relación enzima/substrato. Finalmente, el mosto poseerá una determinada cantidad de azúcares fermentables y no fermentables que serán transformados en alcohol durante la fermentación.

Durante la maceración el empaste debe removerse de forma continua mediante agitadores mecánicos. La duración de este periodo junto con las temperaturas elegidas las establecerá el maestro cervecero. Generalmente se opta por uno de estos dos métodos de maceración:

### 2.2.2.1 Maceración por infusión

La maceración por infusión se emplea para la elaboración de cualquier tipo de cerveza y generalmente tiene una duración inferior a 2 horas. A diferencia del método por decocción que veremos posteriormente, aquí se utiliza una sola cuba que recibe calor de forma progresiva hasta alcanzar las temperaturas deseadas de forma escalonada. Esto es, cuando se llega a cada uno de los escalones de temperatura buscados, se realiza un estacionamiento temporal para que las enzimas completen la actividad hidrolítica.

Los cuatro escalones de temperatura, conforme al rango óptimo de actividad enzimática para los cuatro grupos implicados en el proceso son los siguientes:

- $\beta$ -glucanasa (35-45°C): Degradación de  $\beta$ -glucanos
- Proteasa (45-50°C): Degradación de proteínas
- $\beta$ -amilasa (62-65°C): Transformación del almidón en azúcares fermentables
- $\alpha$ -amilasa (70-75°C): Transformación del almidón en azúcares no fermentables

En la Figura 17 puede observarse de forma gráfica los distintos rangos de temperatura en los que actúan las diferentes enzimas durante la maceración.

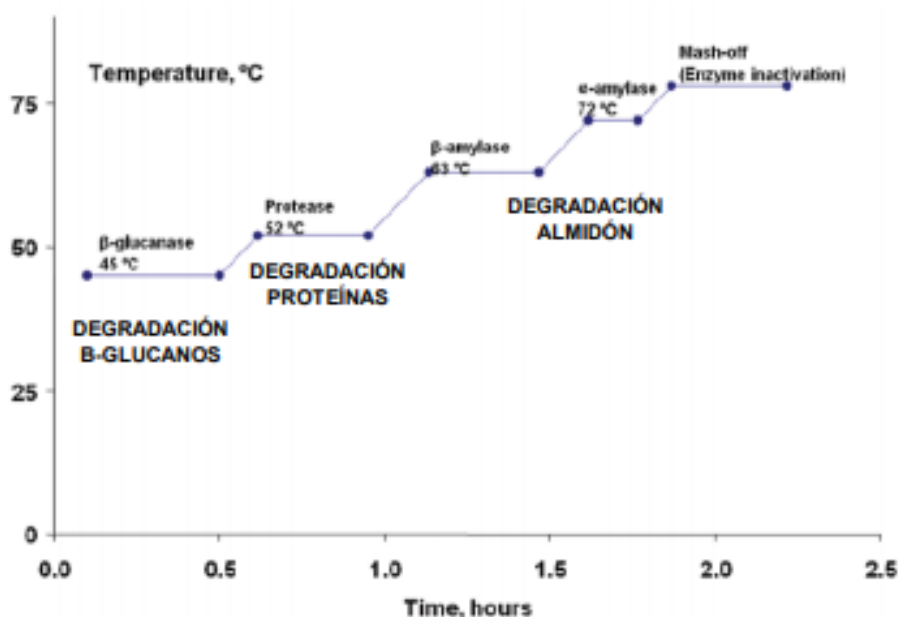


Figura 17: Rangos de temperatura de acción de las principales enzimas durante una maceración [28]

Las enzimas  $\beta$ -amilasa y  $\alpha$ -amilasa son activas de forma equilibrada y óptima en un pH comprendido entre 5,2 y 5,5 y con un rango de temperatura de 67°C como muestra la Figura 18.

Los enzimas principales de la maceración son la  $\beta$ -amilasa y la  $\alpha$ -amilasa, que aparecen al germinar el grano durante el malteado. Se caracterizan por descomponer la molécula de almidón, cortando sus ramificaciones, y transformándolas en azúcares como la maltosa y la dextrina.

- La enzima  $\beta$ -amilasa está en el origen del alcohol en la cerveza. Su actividad se desarrolla a temperaturas entre los 60° y 70°C (especialmente entre 60° y 65°C) cuando fracciona las extremidades de las moléculas de almidón y éstas se transforman en moléculas de maltosa o de glucosa. Durante la fermentación las células de levadura absorberán estos azúcares disueltos en el mosto y entonces producirán alcohol, dióxido de carbono y compuestos aromáticos.

- La  $\alpha$ -amilasa, por su lado, es la responsable del origen de los azúcares residuales que son aquellos que no absorbe la levadura de cerveza y siguen en suspensión al final de la fermentación. Esta enzima está activa entre 65° y 75°C, en particular en el intervalo de 69° a 75°C. A diferencia de la  $\beta$ -amilasa, esta enzima recorta segmentos largos en la cadena de almidón dando lugar a nuevos azúcares, sobre todo la dextrina y la maltotriosa. Estos azúcares residuales que permanecen en suspensión influyen en el sabor y dan cuerpo a la cerveza.

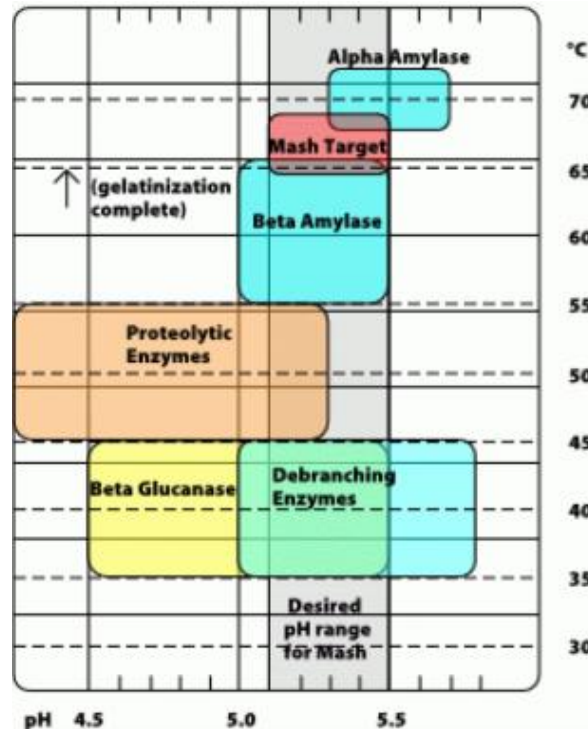


Figura 18: Valores de pH óptimos y de temperaturas de las enzimas en el proceso de maceración [29]

#### 2.2.2.2 Maceración por decocción

En la maceración por decocción se utilizan dos calderas: la caldera de maceración y otra caldera más pequeña. La temperatura del empaste se incrementa sucesivamente, desplazando de la caldera de maceración un porcentaje del empaste y llevándolo a ebullición en la caldera de menor tamaño. Al devolver la fracción retirada con anterioridad a la caldera de maceración, la temperatura total se incrementa hasta el valor determinado. Esta operación se puede repetir varias veces. Este método es un proceso de mayor duración.

#### 2.2.2.3 Tratamiento de adjuntos en la maceración

En el caso de emplear adjuntos como fuente adicional de extracto, la proporción no puede ser mayor del 30% ya que no aportan enzimas al no estar malteados. Además, es necesario un tratamiento por separado en una cuba de adjuntos para dejar el almidón en las condiciones adecuadas para su hidrólisis enzimática.

La última fase en la cuba de adjuntos es el incremento de temperatura hasta llegar al punto de ebullición para lograr un mayor grado de licuefacción de la masa antes de ser trasvasada a la cuba principal, donde continúa la degradación del almidón, pero ahora junto con toda la malta triturada y las enzimas propias de esta.

### 2.2.3 Filtración y lavado del grano

El mosto obtenido tras la maceración contiene todavía las cascarillas de los cereales utilizados. Estos elementos sólidos se separan por filtración para obtener así un mosto cervecero libre de compuestos insolubles. El desecho generado tras el paso por el filtro, conocido como bagazo, es muy rico en nutrientes, por lo que se aprovecha destinándolo habitualmente a la alimentación animal.

Para la filtración del mosto se puede utilizar dos tipos de filtro, la cuba filtro y el filtro prensa. Una vez el mosto pasa por el filtro es importante rociar el empaste con agua a unos 75°C para extraer los azúcares retenidos, a esta acción se la conoce como lavado del grano.

### 2.2.3.1 Cuba filtro

La cuba filtro consiste básicamente en un depósito de forma cilíndrica provisto de un doble fondo de unos 0,5 metros. Durante el filtrado el bagazo queda retenido en el primer fondo que está ranurado, mientras el mosto, por su parte, llega al doble fondo, por donde se evacua.

Después de obtener el primer mosto, el proceso dura entre 2 y 3 horas, se procede al lavado del grano para conseguir la máxima cantidad de extracto posible. Una vez acabado el filtrado, se descarga el bagazo para su posterior uso como pienso animal.

### 2.2.3.2 Filtro prensa

Los filtros prensa son equipos de menos tamaño que las cubas filtro y trabajan con niveles de malta triturada mucho más pequeños.

El funcionamiento de este equipo consiste en hacer pasar el mosto presurizado a través de una membrana con la ayuda de aire o agua. Debido a esto se obtiene un mayor nivel de líquido y una torta de bagazo más seca.

Los filtros prensa son apropiados en el caso de que el desmontaje, vaciado y montaje de la prensa se lleve a cabo de forma semiautomática, así como para la obtención de mostos de alto peso específico.

Con este equipo el proceso es algo más corto, inferior a los 150 minutos, y además se consigue una mayor recuperación de extracto. El grado de humedad del bagazo en este proceso es menor y ronda el 70%.

## 2.2.4 Cocción del mosto

El mosto filtrado se trasiega a la olla de cocción y se lleva hasta el punto de ebullición para su esterilización y concentración. Este proceso tiene una duración inferior a 90 minutos y una intensidad de cocción del 5%-8% de evaporación por hora sobre el volumen total del mosto en la caldera.

Durante la cocción se producen una serie de transformaciones como la inactivación de las enzimas, la coagulación de las proteínas y otros compuestos, además de la caramelización de algunos azúcares. Aquí es donde el mosto cambia su pH y color y adquiere su amargor característico por isomerización de los  $\alpha$ -ácidos del lúpulo. Aquí, además, se descomponen y evaporan compuestos volátiles que proporcionarían a la cerveza sabores y aromas no deseados.

Como se explica en el apartado de clases de lúpulos, se agregan diferentes variedades de lúpulos en sus respectivas formas, para que aporten el amargor, sabor y aroma buscados.

Recordemos la secuencia de adición del lúpulo:

- Se agrega la cuota de lúpulos de amargor al inicio del hervor.
- Unos 15-25 minutos antes de finalizar el hervor, se añaden los lúpulos de sabor.
- En los minutos finales, incluso ya apagado el fuego, se añaden los de aroma.

### 2.2.4.1 Sistemas de calentamiento

Las calderas de cocción se pueden clasificar en dos categorías según el tipo de cocedor que tengan:

#### 2.2.4.1.1 Calderas con hervidor externo

El hervidor externo es un intercambiador térmico tubular ubicado en el exterior de la caldera. Con este sistema, el mosto se recircula de 7 a 12 veces por hora. En el proceso, el mosto se aspira de forma continua desde el fondo de la caldera y se bombea a través del hervidor externo hasta completar el circuito otra vez en la caldera, donde vuelve el mosto con la ayuda de una bomba de impulsión, y reinicia desde aquí la circulación. Este hervidor deja libre el interior de la caldera, con lo que se gana volumen libre de líquido.

#### 2.2.4.1.2 Caldera con hervidor interno

El hervidor interno o calandria es un intercambiador de calor tubular ubicado en el interior de la caldera. El mosto asciende a través de los tubos del intercambiador hasta llegar al distribuidor de mosto. Éste evita que se forme espuma durante el desplazamiento del mosto a través del hervidor.

#### 2.2.4.2 Técnicas de ebullición

Los equipos de cocción se pueden clasificar en dos grupos atendiendo al criterio de la presión de trabajo:

##### 2.2.4.2.1 Cocción atmosférica

Consiste en el uso de calderas abiertas por su parte superior que utilizan como medio de agitación la circulación por termosifón. El mosto hierve con el lúpulo durante hora y media a dos horas, ver Figura 19, con una tasa de evaporación del 6-8 %/hora. Los vapores generados se eliminan a través de la chimenea de vahos.

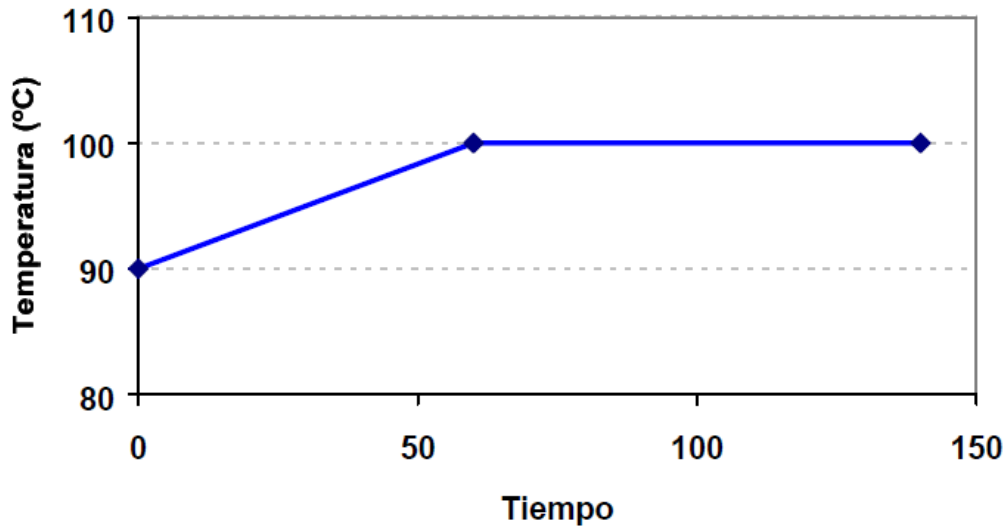


Figura 19: Diagrama temperatura – tiempo (minutos) para el sistema de cocción atmosférica [27]

##### 2.2.4.2.2 Cocción a baja presión

En este caso el mosto se calienta inicialmente a presión atmosférica, con la ayuda de un intercambiador de calor exterior, hasta alcanzar el punto de ebullición. A continuación, la caldera se presuriza para elevar la temperatura del mosto hasta los 105-112°C y se mantiene esta cocción durante 10-15 minutos, ver Figura 20. Pasado este tiempo se despresuriza el sistema y se reduce la temperatura. El proceso viene a durar un máximo de 90 minutos. Y permite, frente a los sistemas atmosféricos, un ahorro de vapor del 38%.

Este sistema suele llevar intercambiadores de calor con el fin de aprovechar el calor de los vahos de ebullición y utilizarlo para precalentar el agua que calentará el mosto a la entrada del sistema.

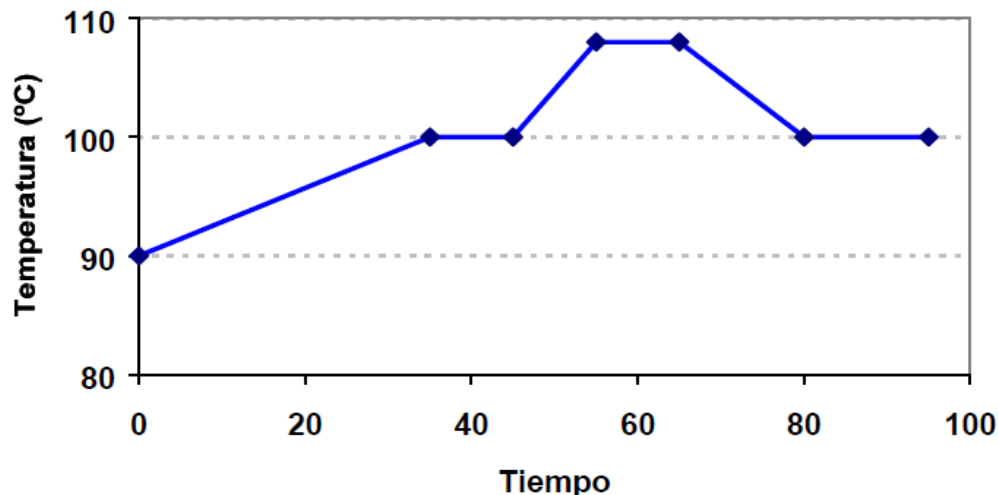


Figura 20: Diagrama temperatura-tiempo (minutos) para el sistema de cocción a baja presión [27]

Para un mayor rendimiento energético, al margen de la técnica de cocción utilizada, el agua que sirvió para refrigerar el mosto al salir de la clarificación sirve después para precalentarlo antes de la cocción, reduciendo así el consumo de energía.

## 2.2.5 Clarificado del mosto

La claridad del mosto depende de la técnica utilizada y del tipo de cerveza que se esté elaborando. Es importante retirar del mosto las partículas sólidas utilizadas y formadas durante la cocción (restos de lúpulo y complejos de proteínas-polifenoles precipitados, más conocido como turbios calientes o “*trub*”) antes de entrar en el tanque de fermentación.

### 2.2.5.1 Whirlpool

La técnica más utilizada para la clarificación del mosto es la del remolino, comúnmente conocido como “*Whirlpool*”, en la que el mosto y “*trub*” caliente se introducen a alta velocidad a través de una tubería tangencial a la pared del depósito. Al girar, se generan unas fuerzas secundarias sobre las partículas que originan la acumulación centrípeta de los turbios en el centro del fondo del tanque. Finalmente, se saca el mosto y se retira el turbio.

### 2.2.5.2 Clarificantes

En épocas con un nivel de turbios alto por una baja calidad de la malta, se utilizan clarificantes como operación complementaria.

Los clarificantes, durante la cocción, permiten aislar del mosto y de la cerveza unas partículas que producirían mal sabor y perjudicarían la fermentación o estropearían su aspecto.

Por ejemplo, la espuma irlandesa es un clarificante que hace coagular las proteínas, que precipitarán en el fondo de la cuba de cocción.

## 2.2.6 Enfriamiento

Posteriormente a la clarificación mediante un filtro y un intercambiador de placas, el mosto, que está aproximadamente a 98°C, se filtra y enfría hasta la temperatura óptima de siembra de la levadura. Ésta depende del tipo de levadura utilizada y del proceso de fermentación escogido.

El agua y/o agua glicolada utilizada como refrigerante puede introducirse en el intercambiador, previo paso por un sistema de enfriamiento por intercambio directo o a través de una torre de refrigeración. Cuando se utiliza agua a temperatura ambiente en una primera fase de enfriamiento, debe utilizarse en una segunda fase agua glicolada a baja temperatura (<0°C).

Una vez que la temperatura empieza a descender, el mosto corre el riesgo de ser contaminado por todos los organismos vivos que se encuentren en el aire. Por ello, para evitar que el mosto esté expuesto a infecciones, es muy importante enfriarlo rápidamente.

El agua utilizada para el enfriamiento alcanza temperaturas entre los 75°C-85°C, lo que permite utilizarla en la siguiente cocción con el correspondiente ahorro de energía. [7] [23] [25] [27]

## 2.3 Tercera fase

### 2.3.1 Fermentación

La fermentación consiste en la acción controlada de la levadura escogida para convertir los substratos sobre los que actúa en nuevos productos. La transformación de los azúcares simples en alcohol se conoce como fermentación alcohólica.

El metabolismo de las levaduras pasa de la respiración aerobia, en la que la levadura se reproduce exponencialmente, a la fase de respiración anaerobia o fermentación alcohólica; es entonces cuando los azúcares contenidos en el mosto son transformados para producir etanol, una cantidad abundante de dióxido de carbono y moléculas aromáticas (ésteres, fenoles...), lo cual le proporcionará a la cerveza su carácter final. Las células reabsorben algunas moléculas segregadas, en particular el diacetilo, durante la fermentación primaria o tumultuosa. A continuación, las células de levaduras, muertas o vivas pero latentes, precipitarán en el fondo del fermentador. La duración y transformaciones originadas por la fermentación están determinadas por la cepa de levadura utilizada y por el control del proceso a través de la presión y la temperatura.

Previamente a la fermentación, se pueden separar los turbios fríos (compuestos principalmente por proteínas) formados durante el enfriamiento del mosto por sedimentación en tanques, filtración, centrifugación o flotación.

Durante la inoculación de la levadura o siembra, se inyecta oxígeno o aire estéril al mosto libre de turbios. La aireación se emplea para asegurar que la levadura dispone de una cantidad de oxígeno apropiada para reproducirse. Los niveles idóneos de oxígeno suelen ser de 8-12 mg/l.

La fermentación tiene lugar en tanques de diferentes configuraciones: horizontales o verticales, cilindro cónicos o cilíndricos. Suelen estar ubicados en el interior de naves industriales cubiertas. El dióxido de carbono producido durante la fermentación puede ser recogido en un sistema de recuperación y acondicionamiento de gas carbónico.

Durante la fermentación se genera calor, por lo que para mantener la temperatura de fermentación deseada es necesario que los fermentadores estén provistos de equipos de refrigeración adecuados. Estos equipos pueden ser serpentines tubulares ubicados en el interior de los tanques, o camisas huecas alrededor de las paredes del fermentador por las que se hace circular un fluido refrigerante. Un mismo fermentador puede tener varias secciones de camisas para utilizar distintas temperaturas dependiendo del estado de avance de la fermentación. Los agentes refrigerantes más utilizados son agua glicolada, amoníaco o simplemente agua.

Una vez finalizada la fermentación alcohólica se espera a que las levaduras sedimenten en el fondo del tanque. De la levadura que se separa de los fermentadores, una cuarta parte se destina a la siembra de la siguiente carga de mosto y el resto se gestiona como residuo. La levadura puede reutilizarse varias generaciones, pero debe ser finalmente sustituida debido a la pérdida de sus particularidades.

### 2.3.2 Maduración o guarda

La cerveza verde, se trasvasa de los fermentadores a tanques especiales para ser sometida a un proceso de maduración o "*lagering*" en el que tiene lugar la guarda, también conocida como fermentación secundaria. Durante esta fase de reposo, que transcurre a temperaturas próximas a los 0°C, se eliminan compuestos desagradables como el sulfuro de hidrógeno, diacetilo, o acetaldehído, haciendo que se garantice el sabor esperado. La guarda puede durar desde un par de semanas hasta años dependiendo del tipo de cerveza que se quiera obtener.

En tiempos pasados, esta operación consistía en el almacenamiento de la cerveza a bajas temperaturas durante largos periodos de tiempo (varios meses) para que ésta obtuviera su flavor propio, además de favorecer la precipitación de sólidos y la saturación con CO<sub>2</sub>. Actualmente, los procesos y tecnologías utilizadas han propiciado que esta etapa tenga una duración menor y que el objetivo ya no sea tanto el desarrollo del flavor, sino la estabilización coloidal por frío.

Las levaduras y otros compuestos causantes de la turbidez de la cerveza van precipitando lentamente, con lo que la cerveza se va clarificando. Los restos de levadura de los fondos de los tanques de fermentación y maduración contienen entre 10–14% de sólidos totales y entre 1,5–2,5% del total de cerveza producida.

La etapa de maduración puede llevarse a cabo en los mismos fermentadores cilindrocónicos (sistema "*unitank*") o en tanques diferentes horizontales o cilindrocónicos (sistema de tanques múltiples).

### 2.3.3 Clarificación

Durante la maduración también se produce una clarificación puesto que las levaduras y las proteínas precipitan en el fondo del tanque.

A nivel industrial, después de la maduración, la cerveza es sometida a un proceso de filtrado mediante centrifugación u otro método para eliminar la turbiedad y lograr una cerveza brillante y transparente.

#### 2.3.3.1 Filtrado y abrillantado

El filtrado busca obtener un nivel especificado de transparencia y retardar el enturbiamiento natural de la cerveza en el proceso que va desde su fabricación hasta su consumo.

Este proceso generalmente tiene lugar en filtros de tierra de diatomeas; esqueletos silíceos de antiguas algas marinas, utilizando para ello diferentes tipos de soportes filtrantes que se verán posteriormente. Sobre la tierra de diatomeas se produce la filtración propiamente dicha, actuando el filtro como soporte de la torta filtrante.

Para que se produzcan el mayor número de pasos a través de la torta y prevenir la colmatación del filtro es conveniente dosificar de forma continua tierra fresca de diatomeas junto con la corriente entrante de cerveza, de modo que la torta filtrante se vaya conformando progresivamente.

Existen otras técnicas que no emplean tierras, como los filtros de cartones y otras más avanzadas.

Opcionalmente, se puede realizar una centrifugación como paso previo a las operaciones de filtración. El objetivo de la centrifugación es reducir la máxima cantidad de levadura y otros precipitados. Las centrífugas que suelen emplearse en la industria cervecera son las de cámara tubular/discos. Previamente a la filtración también se puede exponer la cerveza a un golpe de frío (-1,5°C) en un intercambiador de calor para mejorar la filtrabilidad.

Los sistemas más empleados para la clarificación de la cerveza son los siguientes:

##### 2.3.3.1.1 Filtro de bujías

Estos filtros consisten en un grupo de discos bujías / velas muy cercanos entre sí, montados sobre un vástago acanalado de manera que crean una pila de filtración. El conjunto de pilas se instala en una carcasa resistente a la presión, pues es un sistema sensible a los cambios de presión.

Para el lavado se utiliza agua y/o gas a presión a contracorriente, evacuándose los lodos de limpieza en forma pastosa por la parte inferior del equipo.

##### 2.3.3.1.2 Filtro de platos o placas horizontales

En estos filtros las tortas filtrantes reposan sobre unos elementos horizontales, con lo que no se rompen con los cambios de presión. Esto tiene la ventaja de que si se interrumpe la filtración puede reiniciarse sin incidencias, e incluso se pueden filtrar sucesivamente varios líquidos distintos sin cambiar estas capas.

La descarga de las capas filtrantes ya gastadas se realiza girando las placas soporte, para lo que llevan un motor en la parte inferior o superior del filtro.

##### 2.3.3.1.3 Filtro de marcos y placas

Se trata de un filtro de placas verticales, donde combinan marcos huecos con placas acanaladas cubiertas a ambos lados por los soportes filtrantes. La suspensión de diatomeas entra por los marcos huecos y se forma la capa filtrante sobre los soportes filtrantes de las dos placas contiguas al marco. La cerveza circula a través del medio y por la superficie acanalada de las placas del filtro, desde donde sale al exterior por el canal de descarga que tiene cada placa. La torta se lava utilizando unas placas de lavado especiales.

Posteriormente al filtrado se puede realizar el abrillantado para eliminar totalmente los sólidos de la cerveza. Para realizar esta operación se usa generalmente los filtros de cartón.

##### 2.3.3.1.4 Filtros de cartón

Los filtros de cartón utilizan como medio filtrante fibras de celulosa. La estructura es muy similar a la de los filtros de marcos y placas. El efecto filtrante se debe más a fenómenos de adsorción de las fibras que al tamizado a través de estas. Son filtros muy sensibles a los cambios bruscos de presión y, se colmatan fácilmente si no van acompañados de una clarificación previa.

### **2.3.4 Estabilización coloidal**

Los diversos tipos de taninos y de proteínas que coexisten en la cerveza tienden a combinarse y a formar complejos coloidales insolubles, causantes de la turbidez de la bebida.

La estabilización coloidal elimina de forma selectiva proteínas o taninos y puede realizarse en diferentes momentos del proceso.

Existe una gran pluralidad de agentes estabilizantes y su elección dependerá, entre otros factores, de las técnicas que se describen a continuación.

#### **2.3.4.1 Estabilización por adsorbentes**

Esta es una técnica bastante utilizada que se aplica junto con la clarificación. La estabilización coloidal se consigue por aditivación de cierta sustancia adsorbente que elimina bien la fracción tánica (usando PVPP, Nylon, etc.) o bien la fracción proteica (usando silicagel, bentonita, etc.).

Puesto que los estabilizantes tienen un alto precio, es conveniente realizar la estabilización después de la filtración de la cerveza para que los agentes estabilizantes no queden retenidos en la torta filtrante y así, poder recuperarlos. En esta situación se instala un sistema de regeneración adicional en combinación con el sistema de filtración.

Cuando el sistema de PVPP está en marcha, se debe emplear un filtro de defensa (fibras de celulosa, filtros de cartuchos de polipropileno, filtros trap). Su función principal es la de salvaguardar la funcionalidad de los filtros precedentes.

#### **2.3.4.2 Estabilización por enzimas**

La estabilización por enzimas se suele realizar durante la maduración, mediante enzimas proteolíticos (papaina o bromelina) que reducen las moléculas de proteínas para impedir su reacción con los taninos.

#### **2.3.4.3 Estabilización con ácido tánico**

Esta técnica también se realiza durante la maduración. Sin embargo, en este caso en lugar de eliminar o modificar uno de los dos tipos de moléculas involucradas en la turbidez, se favorece la reacción entre los taninos y las proteínas, de manera que se forma un precipitado que decanta en el fondo de los tanques.

### **2.3.5 Estabilización microbiológica**

El objetivo de la estabilización microbiológica es la eliminación de todos los microorganismos que pudieran provocar alteraciones en las cualidades organolépticas del producto y/o suponer una modificación en la calidad de la cerveza.

Los sistemas que actualmente se aplican para la estabilización microbiológica de cerveza son los siguientes:

#### **2.3.5.1 Ultrafiltración**

La ultrafiltración, aplicada generalmente a la cerveza que va a ser envasada en barriles, elimina los microorganismos sin necesidad de la aplicación de un tratamiento térmico.

Esta técnica consiste en hacer pasar la cerveza a través de una membrana con una diferencia de presión entre ambos lados, que permite que la cerveza y moléculas pequeñas se desplacen hacia el lado de menor presión, mientras que las moléculas grandes son retenidas.

### 2.3.5.2 Pasteurización

La pasteurización, compuesto por tres secciones, también se puede aplicar a la cerveza destinada al envasado en barriles y botellas.

- Primera sección. Se utiliza para ahorrar energía, la cerveza entrante se encuentra en contracorriente con la ya pasteurizada que cede calor a la primera.
- Segunda sección. La cerveza se calienta hasta unos 72°C con agua caliente o vapor durante unos 30 segundos.
- Tercera sección. La cerveza se enfría a 0°C, primero se utiliza la cerveza de la primera sección, para ahorrar de nuevo energía, y después se enfría hasta 0°C con agua glicolada.

El tratamiento total tiene una duración de dos minutos, con lo que las cualidades organolépticas de la cerveza no se modifican. Todo el circuito está cerrado y a alta presión para evitar pérdidas de CO<sub>2</sub>.

### 2.3.5.3 Túneles de Pasteurización

Las botellas y las latas envasadas van pasando por diversas secciones dentro de los túneles provistos de aspersores que expulsan chorros de agua a temperaturas variables, donde gradualmente se calientan hasta 60°C durante un cierto tiempo, para posteriormente enfriarlas. [7] [23] [25] [27]

## 2.4 Cuarta fase

### 2.4.1 Envasado

Antes de empezar con las operaciones del envasado, la cerveza clarificada se debe carbonatar para lograr el nivel de CO<sub>2</sub> conforme con las especificaciones del producto. Inmediatamente finalizada la inyección de gas, se trasvasa la cerveza a los tanques de prellenado, donde se mantiene a baja temperatura.

Aunque la cerveza está carbonatada naturalmente, en el caso de las cervezas tipo lager o ale sin fermentación secundaria en botella, se ejecuta una carbonatación forzada introduciendo CO<sub>2</sub> hasta el nivel de saturación deseado para proceder al envasado en botellas, latas o barriles que, a su vez, pueden ser pasteurizados. Estas cervezas mantienen su claridad respecto a las que obtienen la carbonatación mediante el “*priming*” (consiste en añadir azúcar a la cerveza para que la cerveza logre un mayor carbonatado). En cervezas que tienen una fermentación secundaria en botella no es necesario añadir CO<sub>2</sub>, ya que se formará como producto de la fermentación del azúcar por los restos de la levadura remanente.

Las líneas de envasado pueden estar provistas de una forma muy diferente, respecto al material de envase (botellas reutilizables, botellas de un solo uso, latas y barriles), nivel de automatización e inspección.

### 2.4.2 Limpieza y desinfección

La limpieza y desinfección en este sector, es de suma importancia, pues la cerveza que se elabora está destinada a consumo humano.

La limpieza de las instalaciones y el exterior de los equipos se hace de forma manual. Sin embargo, la limpieza interna de los equipos suele estar automatizada por completo. Esto supone un ahorro en mano de obra y por consiguiente una reducción del consumo de agua y productos de limpieza.

Los principales objetivos de la limpieza y desinfección son: garantizar la seguridad alimentaria de la cerveza, cumplir con las necesidades de calidad exigibles y proteger la seguridad de los trabajadores, además de cumplir con los condicionantes legales establecidas.

Los agentes utilizados para la limpieza suelen ser alcalís, ácidos, productos compuestos con agentes quelantes, agentes de actividad en superficie y/o enzimas. Durante la desinfección se suelen emplear diversos productos, como hipocloritos, yodóforos, peróxido de hidrógeno, ácido peracético y compuestos de amonio cuaternario. Por último, se suele utilizar agua caliente para los enjuagues, tras la aplicación de las soluciones de limpieza y desinfección.

### 2.4.2.1 Manual

La limpieza manual acepta diferentes técnicas dependiendo de la zona que se limpie:

- Para las zonas donde ocurren caídas de materiales sólidos y líquidos, la limpieza puede hacerse mediante baldeos o con chorros de agua a presión. Los sólidos suelen requerir limpieza con cepillos o escobas, incluso sistemas de aspiración.
- Para la limpieza general de los suelos se utilizan las mismas técnicas anteriores.
- Para las paredes se suelen emplear espumas y luego son enjuagadas con agua, arrastrando la suciedad remanente.

Actualmente la limpieza manual de los equipos en la industria alimentaria está totalmente en desuso, excepto para las superficies exteriores de los equipos que es inevitable acudir a una limpieza manual o semiautomática.

### 2.4.2.2 Automático

El sistema automático más utilizado en la industria cervecera es el sistema CIP o “*Clean In Place*”. Concretamente se emplea en depósitos cerrados, tanto estacionarios como móviles. El programa de limpieza consta de varias etapas: preenjuagado con agua, circulación con un agente de limpieza, enjuagado intermedio, desinfección y enjuagado final con agua caliente generalmente.

Dependiendo de las dimensiones de la fábrica, los sistemas CIP pueden ser:

- Localizados. Para instalaciones muy grandes con necesidad de unidades independientes.
- Centralizadas. Cuando el tamaño de la instalación permite que una sola central abastezca a todos los circuitos.
- Satélite. Es una combinación de las dos anteriores, en las que los tanques de carga ubicados cerca de los respectivos circuitos reciben las soluciones sin calentar desde una central común a través de una conducción circular. Desde aquí se bombea al circuito, a través de un calentador, sólo el volumen exacto que precise cada instalación.<sup>2</sup> [7] [23] [25] [27]

---

<sup>2</sup> Bibliografía del Capítulo 2 [7; 23; 25; 27]

### 3 MAQUINARIA

Vista la variedad de equipos que ofrece la industria y analizadas las cualidades que aporta cada uno de ellos, junto a los costes, tanto de adquisición como de funcionamiento, se han elegido unos equipos y una organización de la planta que se consideran equilibrados y eficaces para alcanzar los objetivos deseados.

En este apartado se expone la elección de la maquinaria de la planta y su funcionamiento, en el Anexo II se recogen las hojas de especificaciones de los equipos principales y de los equipos auxiliares de la fábrica.

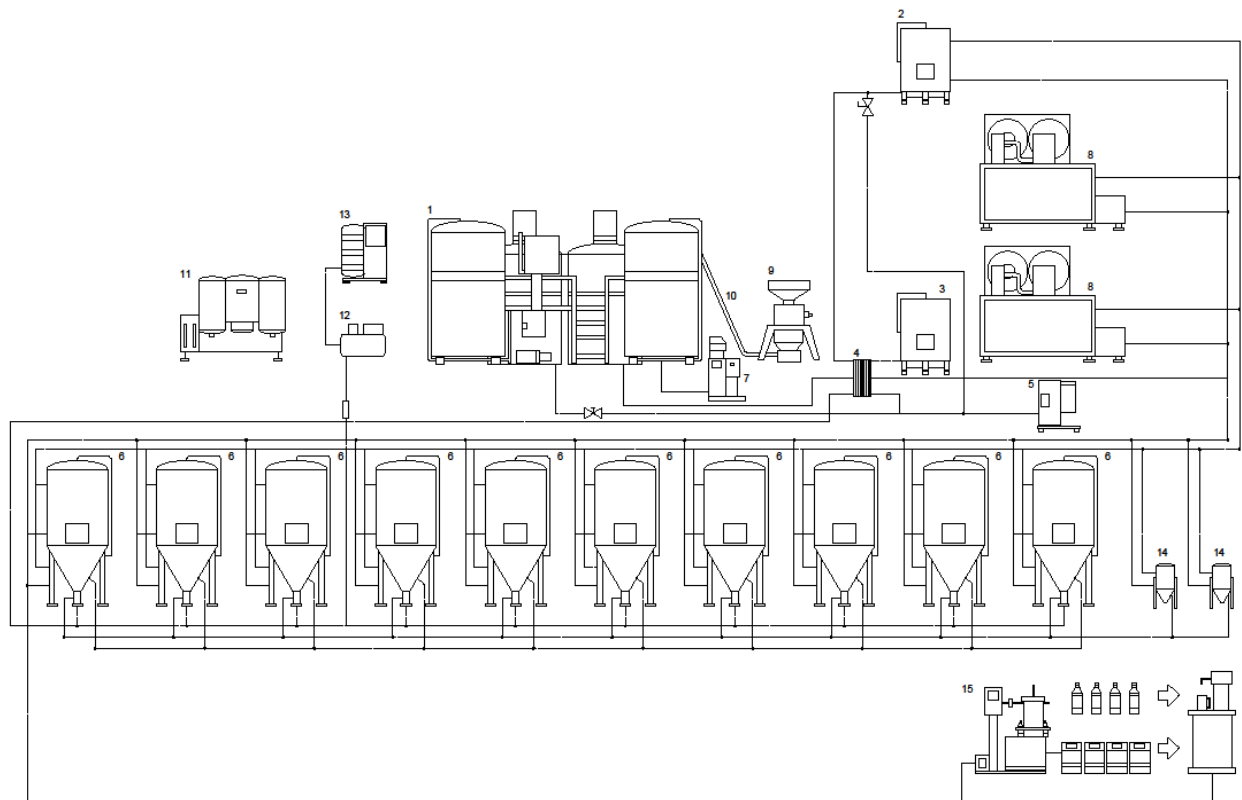


Figura 21: Diagrama de proceso [30]

1. Equipo de elaboración de mosto multietapas 2. Tanque de agua caliente 3. Tanque de agua fría 4. Intercambiador de placas y aireador de mosto 5. Agua de red (con carbón activo) 6. Tanques CCT de fermentación y maduración 7. Generador de vapor 8. Enfriadores y tanque de glicol 9. Molino de rodillos 10. Sistema de cadenas 11. Unidad de limpieza y desinfección (CIP) 12. Compresor de aire 13. Generador de N<sub>2</sub> 14. Tanques de levadura 15. Envasado de barriles

### 3.1 Tratamiento del agua

#### 3.1.1 Filtro de carbón activo

La planta de elaboración de cerveza utiliza agua de consumo clorada que necesita filtrar. Se utiliza un filtro de carbón activo granular, con un caudal regenerador concreto, para eliminar la máxima cantidad de restos orgánicos que pueda llevar el agua y el cloro libre.

### 3.2 Sala de cocción

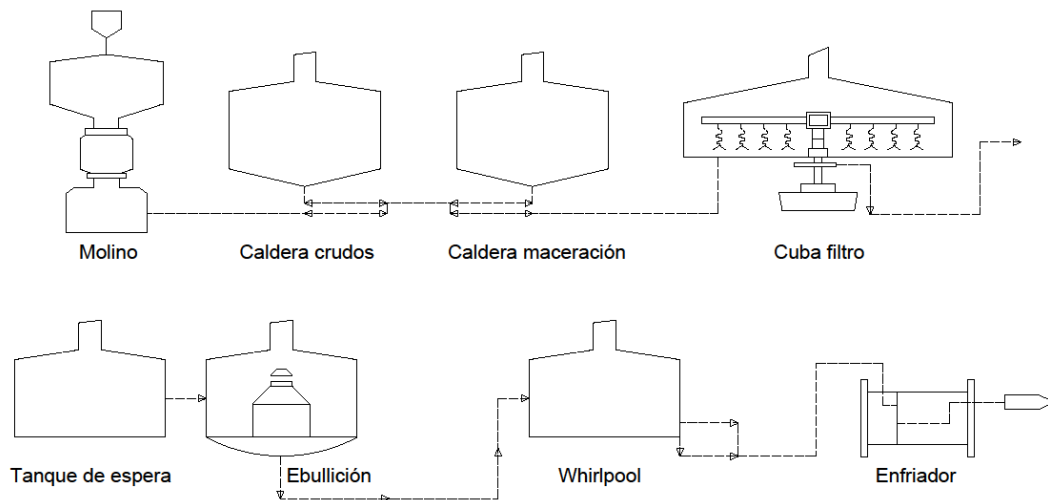


Figura 22: Diagrama de proceso de la sala de cocción [1]

#### 3.2.1 Molino para malta seca

Como se explicó en el tema anterior, existen dos tipos de molienda. Los equipos de molienda seca trituran el grano seco, y los de molienda húmeda los granos sometidos a un proceso de acondicionamiento.

Debido al alto coste de la maquinaria y complejidad que supone la malta acondicionada se trabajará con molienda seca sin acondicionamiento.

##### 3.2.1.1 Molino de rodillos

El molino seleccionado tiene dos rodillos y es capaz de moler hasta 1.800 kg por hora, por lo que en menos de media hora la malta triturada está disponible para la maceración.

El equipo dispone de una tolva para facilitar la carga del cereal en el molino y un transportador de tornillo para eliminar el gran esfuerzo físico que hay que realizar a la hora de movilizar los sacos de malta.

Es conveniente usar un separador electromagnético de piezas metálicas para aumentar la pureza del proceso de molienda y aumentar la seguridad, ya que durante la molienda se genera polvo que puede reaccionar con una chispa. Este separador tiene un coste inferior a 700 euros.

#### 3.2.2 Calderas de maceración

La caldera de maceración de 1000 litros forma parte del equipo “*Breworx Oppidum 1000*”. El calentamiento de la caldera se realiza a través de las camisas de vapor con vapor producido por un generador. Este es el sistema más utilizado a nivel industrial pues es el más rápido en transferir el calor y tiene una fácil controlabilidad. El único inconveniente que tiene es el alto coste debido a la maquinaria externa que requiere para su uso.

El calentamiento directo por contacto con fuego está en desuso y el calentamiento directo utilizando energía eléctrica se usa en microcervecías de pequeña escala.

La caldera de maceración posee un sistema de agitación integrado que permite que la maceración sea homogénea durante todo el proceso.

Además, este equipo tiene otra caldera de crudos de 500 litros que aporta una gran flexibilidad a la hora de elaborar cerveza, pues permite trabajar con maceración por decocción en vez de maceración por infusión y utilizar adjuntos en el caso de que el maestro cervecero así lo desee.

### 3.2.3 Equipo de filtración

Como equipo de filtración se ha escogido la cuba filtro pues actualmente es la más desarrollada y utilizada. El filtro prensa requiere una gran inversión y tiene unos altos costes de operación. Son equipos muy voluminosos, pensados para filtrar y lavar grandes volúmenes de macerado, por lo que se suele utilizar en plantas de producción industrial.

Los brazos giratorios de la cuba filtro permiten que el mosto pase a través de una placa metálica agujereada sin materia indeseada.

### 3.2.4 Tanque de espera

La eficacia de este equipo es uno de los principales motivos por los que se ha decidido escoger “*Breworx Oppidum 1000*”. El tanque de espera permite trabajar en continuo, ya que la filtración es el cuello de botella en la sala de cocción, es decir, el tiempo de filtración es mayor que el de ebullición por lo que no se puede empezar el proceso de maceración de la siguiente producción sin haber finalizado la filtración.

Este tanque mantiene la temperatura del mosto verde a más de 78°C, anulando así la actuación de las enzimas, y permite que el mosto esté listo para trasladarlo a la cuba de cocción, en un tiempo breve, e iniciar a continuación la cocción.

### 3.2.5 Caldera de mosto

Esta caldera funciona del mismo modo que la de maceración, con vapor de agua, hasta alcanzar la temperatura de ebullición del mosto. Durante esta etapa se realiza la dosificación del lúpulo.

### 3.2.6 Equipo de clarificación

El “*whirlpool*” es el sistema utilizado para clarificar la cerveza. Se utiliza el método de separación centrífugo para retirar el lúpulo del mosto. El mosto es introducido tangencialmente a la pared del tanque de forma que el mosto se vaya clarificando a medida que en la parte inferior del recipiente se van acumulando los restos de lúpulos y otros residuos remanentes.

La máquina de producción de mosto viene equipada con un sistema de control automático para poder gestionar automáticamente todos los procesos de producción. [25] [27] [30]

### 3.3 Cava de elaboración

Los equipos de esta sala son todos de acero inoxidable (AISI 304) y poseen la certificación PED (“*Certification for pressure*”) requerida en todos los países de Europa.

#### 3.3.1 Fermentador

La elección del tipo de fermentador dependerá del tipo de cerveza que se quiera elaborar. En este caso, los fermentadores abiertos quedan totalmente descartados pues son muy fáciles de contaminar por organismos extraños si el ambiente no se mantiene estéril.

Se opta por los fermentadores cilíndricos (CCT), pues, a no ser que se busque un compuesto específico que se produzca en los tanques horizontales (utilizados mayoritariamente para la maduración), los CCT tienen una serie de ventajas derivadas de su estructura geométrica. Entre estas ventajas se cuentan: el elevado volumen de fermentación, la baja pérdida de cerveza al retirar las levaduras y la facilidad de aplicación de CO<sub>2</sub> a presión. La extracción de levadura es más simple ya que sedimenta como una masa compacta en el extremo cónico del fermentador. Disponen de saneamiento automático de alta calidad, y también de la posibilidad de automatización completa del proceso de fermentación, disminuyendo así el coste de mano de obra y ocupando un menor espacio de suelo respecto a los otros tipos de fermentadores.

Se trabajará de forma isobárica, a pesar del alto coste de inversión, y no atmosférica (muy utilizada en las cerveceras artesanales), pues hay menos riesgo de oxidación de la cerveza y tiene un menor coste operativo.

El único inconveniente de esta medida es que para la maduración será necesario refrigerar toda la sala o poner dobles camisas a los fermentadores. Se decide escoger la segunda opción pues el coste de refrigeración es más bajo ya que sólo se refrigera el tanque y no la sala entera. Las operaciones son más cómodas al ser un espacio más abierto y, además, aún más importante, permite la posibilidad de controlar la maduración en cada tanque individualmente.

La etapa de guarda puede llevarse a cabo en los mismos tanques cilíndricos de fermentación (sistema “*unitank*”) o en tanques diferentes horizontales o cilíndricos (sistema de tanques múltiples).

| PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN | LAGER | ALE   |
|----------------------------|-------|-------|
| TEMPERATURA (°C)           | 6-12  | 18-24 |
| PRESIÓN (BARES)            | 0-0,2 | 0-0,2 |
| DURACIÓN (DÍAS)            | 6-12  | 3-9   |

Tabla 5: Parámetros de fermentación de la cerveza [30]

#### 3.3.2 Tanque de maduración

Se decide prescindir de ellos pues pese a tener un precio inferior a 20.000 € por unidad para la dimensión de esta planta, supone un aumento innecesario en la inversión inicial, ya que se puede trabajar con el mismo tanque de fermentación bajando las temperaturas a las requeridas para esta operación. Además de esto, el trasiego de un tanque de fermentación a uno de maduración supondrá el aumento de mermas del producto final.

Durante la fermentación los volátiles no deseados, como el SO<sub>2</sub> y el dimetilsulfuro, se han eliminado en casi su totalidad al trabajar a una presión cercana a la presión atmosférica y salir así del fermentador al exterior. Por lo que un aumento de presión durante la maduración, como se observa en la Tabla 6, es una acción necesaria para conseguir preservar el CO<sub>2</sub> generado sin que la cerveza contenga indeseables.

| PARÁMETROS DE MADURACIÓN               | LAGER   | ALE     |
|----------------------------------------|---------|---------|
| TEMPERATURA (°C)                       | 1-2     | 1-5     |
| PRESIÓN (BARES)                        | 0,8-1,5 | 0,8-1,5 |
| DURACIÓN (DÍAS) PARA CERVEZAS DE 10° P | 14-21   | 10-14   |

Tabla 6: Parámetros de maduración de la cerveza [30]

El número de días de maduración variará según el porcentaje de extracto contenido en la cerveza verde y el grado plato (°P) al que se quiera llegar. Siempre, en cualquier caso, el tiempo de maduración en las lagers es mayor que el de las ales.

### 3.3.3 Tanque de abrillantado y filtros

Este tipo de tanque de coste similar al de maduración, se utiliza únicamente a nivel industrial, pues el mercado de las cervezas tipo lagers demanda cervezas brillantes. En este caso, los únicos tanques utilizados en la sala de elaboración serán los de fermentación más guarda.

Sucede lo mismo con los filtros, el consumidor actual de cerveza artesanal no demanda una cerveza filtrada por lo que se prescinde de estos equipos de clarificación.

### 3.3.4 Estabilización

Si el producto obtenido posee una gran cantidad de proteínas o taninos se utilizará algún agente estabilizante (estabilización coloidal) para eliminarlos.

A la maquinaria seleccionada para el envasado de la cerveza en barriles, se le puede añadir un accesorio adicional de estabilización microbiológica, tanque regulador para pasteurización, en el caso de que se requiera. [25] [27] [30]

## 3.4 Sala de envasado

Se decide escoger el embotellado como método de envasado pues el proceso de embotellado requiere una gran inversión económica debido al alto coste de las embotelladoras isobáricas del mercado actual. También requiere mayor cantidad de tiempo de trabajo del operario, dado que las botellas tienen un volumen inferior a 50 cl frente a los barriles que tienen un volumen de 30-50 litros. A todo esto, hay que sumarle los costes de botellas, chapas y etiquetas, que a la larga supone un mayor gasto, excepto en el caso de la botella retornable.

Por todo esto se elige embarrilar la cerveza; y cuando la empresa vaya creciendo se puede elegir otro método de envasado como el embotellado o enlatado.

## 3.5 Servicios auxiliares

### 3.5.1 Sistema de cadenas

Para una planta cervecera con un alto volumen de mosto cargar la malta en el molino, recoger la malta triturada en sacos y manipularla manualmente con las bolsas, son actividades físicamente muy exigentes, por lo que el uso del sistema de cadenas facilita el transporte de malta molida a la olla de maceración de la sala de cocción.

### 3.5.2 Calentamiento

El agua caliente a una determinada temperatura es indispensable para una correcta elaboración de cerveza.

- El tanque de agua caliente es necesario para el proceso de producción de cerveza: maceración, lavado, cocción y para la limpieza y desinfección de los equipos.
- El generador de vapor es utilizado como sistema de calentamiento, ya sea de forma eléctrica o gaseosa. Este sistema es el más utilizado como forma de calefacción en la industria de la cerveza. Los beneficios de la calefacción por vapor, como ya se dijo anteriormente, son la rápida transferencia de calor y su versatilidad, pues se puede usar para diferentes equipos.

### 3.5.3 Equipos de enfriamiento y oxigenación

La unidad de refrigeración utilizada tanto en la sala de cocción para el enfriamiento del mosto, como en la cava de elaboración para el mantenimiento de la cerveza a una temperatura adecuada está formada por los siguientes equipos:

- El tanque de almacenamiento de agua fría, empleado para almacenar agua que será posteriormente utilizada para enfriar el mosto de 95°C a aproximadamente 20°C mediante un intercambiador de calor. Esta agua se calienta a 70-80°C durante el enfriamiento del mosto y se trasvasa al tanque de agua caliente, donde se almacena y se utiliza para la próxima producción con el fin de optimizar el proceso energéticamente.
- Un refrigerador compacto con sistema de aireación integrado con un rendimiento de 1000 litros de mosto por hora. Este intercambiador de placas es necesario para enfriar el mosto (98°C) de forma rápida y bajarlo a la temperatura necesaria para la inoculación de la levadura antes del inicio del proceso de fermentación.

Previo al paso de inoculación es muy importante airear el mosto para que la levadura se reproduzca exponencialmente.

- El enfriador de glicol, que es una unidad de refrigeración del condensador destinada al enfriamiento del agua del depósito de agua de refrigeración industrial. El agua helada se utiliza luego para enfriar los tanques de producción de bebidas como fermentadores o tanques de almacenamiento de cerveza y también para enfriar otros dispositivos en la cervecería. Este equipo utiliza agua helada o glicol como refrigerante.
- El depósito de almacenamiento de glicol es un tanque de agua con solución glicol. Está diseñado para la acumulación de agua fría y su siguiente utilización para el enfriamiento de la cerveza en la segunda etapa de enfriamiento, y luego para un enfriamiento adicional de tanques particulares en la cervecería.

### 3.5.4 Recipiente de levaduras

La reutilización de levaduras es un procedimiento muy importante a la hora de reducir gastos en la microcervecías. La levadura puede reutilizarse más de cuatro generaciones sin perder sus particularidades originarias.

Tener un recipiente adecuado para el almacenamiento, revitalización, recogida y dosificación de la levadura cervecera en tanques de fermentación es totalmente necesario si se busca un ahorro económico.

### 3.5.5 Compresor de aire

El compresor de aire se utiliza para la producción de aire comprimido y es necesario para diversas operaciones como la aireación del mosto, accionamiento de dispositivos neumáticos como el utilizado para transportar la malta del molino a la sala de cocción (sistema de cadenas) y como equipo auxiliar para la producción de nitrógeno.

### 3.5.6 Generador de nitrógeno

El generador de nitrógeno a partir de aire es un equipo que pese a aumentar el coste de la inversión inicial, a lo largo de la vida útil de la planta disminuye notablemente los costes de fabricación de la cerveza. Esto se debe a que, para desplazar la cerveza sin oxidarla, se utiliza nitrógeno como gas de empuje inerte en lugar del costoso CO<sub>2</sub>.

El generador es capaz de obtener nitrógeno con niveles de pureza de hasta 99,5%, a partir de la difusión del aire a través de una membrana de fibra hueca.

La opción de recoger el dióxido de carbono producido durante la fermentación primaria, como hacen las grandes cervecerías, se descarta porque la tecnología para capturar CO<sub>2</sub> es demasiado costosa.

### 3.5.7 Equipos de control CIP

La estación de saneamiento conocida como estación CIP es un equipo utilizado para el saneamiento y esterilización de todos los equipos de la fábrica y sus tuberías. A través de este equipo se realizan limpiezas con soluciones alcalinas y ácidas a diferentes temperaturas (hasta 80°C) para eliminar toda la materia orgánica e inorgánica que pueda haber en la instalación. Este equipo es obligatorio si se quiere tener todos los equipos limpios y estériles.

El ciclo de limpieza-desinfección generalmente consiste en estos pasos:

1. Pre-enjuague: Consiste en enjuagar los equipos con agua fría o caliente.
2. Limpieza: Consiste en la limpieza de los equipos de producción utilizando agua caliente circulante.
3. Enjuague: Enjuague minucioso del equipo de producción con agua fría o caliente para eliminar restos de los productos utilizados en la limpieza.
4. Desinfección química: Lavado mediante una solución alcalina y luego un desinfectante ácido a la concentración deseada.
5. Enjuague: Consiste en el enjuague minucioso del equipo de producción con agua fría o caliente para eliminar los productos utilizados durante el saneamiento.
6. Neutralización: Se lleva a cabo después de finalizar varios ciclos de limpieza y desinfección mediante una mezcla de solución alcalina y luego un desinfectante ácido para alcanzar un pH neutro de la solución y su posterior descarga al canal.

Se ha elegido este sistema porque permite tener siempre almacenadas las diluciones a la temperatura deseada para los ciclos de limpieza y desinfección, lo que aumenta considerablemente la eficacia de la limpieza y saneamiento y se traduce en un ahorro de tiempo en el equipo y de electricidad en el proceso de limpieza.

Además de todo lo anterior, proporciona mayor seguridad laboral reduciendo la probabilidad de quemaduras del trabajador en el manejo de los concentrados. [30]

## 3.6 Laboratorio

El laboratorio está compuesto por diferentes instrumentos, todos ellos necesarios para medir correctamente las características del producto elaborado a lo largo del proceso de producción.

### 3.6.1 Densímetro

Una vez que el mosto se encuentra a temperatura ambiente, utilizamos un aparato denominado densímetro para calcular la densidad original. Después de producirse la fermentación, lo volvemos a medir y obtenemos la densidad final. La diferencia entre estos dos valores siempre muestra una pérdida de peso, lo que indica que los azúcares del mosto se han transformado en alcohol.

El densímetro portátil escogido (Anton Paar DMA 35) transmite inalámbricamente las densidades y concentraciones medidas en muestras de fermentación, como cerveza o mosto, incluso a altas temperaturas (100°C). Los datos obtenidos sirven para decidir cómo proceder para garantizar la graduación alcohólica deseada de la cerveza después de la fermentación. [23]

### 3.6.2 pH-metro

El pH-metro es un instrumento utilizado para medir el pH de una disolución. Concretamente tiene suma importancia en el proceso de maceración, donde es necesario conocer el rango de pH. En el caso de que no se llegue al pH deseado es conveniente acidificar el agua para obtener el máximo extracto posible de la malta.

### 3.6.3 Medidor de CO<sub>2</sub>

Se ha elegido un medidor de CO<sub>2</sub> con alta precisión para medir el índice de CO<sub>2</sub> disuelto en la cerveza.

### 3.6.4 Espectrofotómetro

El espectrofotómetro es empleado para medir el color de la cerveza producida, haciendo pasar un rayo de luz con una longitud de onda de 420 nm a través de la cerveza y midiendo la luz resultante. <sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Bibliografía del Capítulo 3 [23; 25; 27; 30]

## 4 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

---

En el siguiente plano se muestra la planta de la factoría microcervecera artesanal diseñada en este trabajo fin de grado con una capacidad de producción anual de 10.000 hectolitros. El diseño conseguido es ubicable en una nave de unos 640 metros cuadrados y en su concepción se han considerado los criterios necesarios para optimizar la eficiencia energética y facilitar la operativa de producción.

Como se puede observar en el plano, los equipos se han posicionado de modo que se facilitan los trasvases necesarios en el proceso de fabricación, agrupados también por rangos de temperatura de funcionamiento para minimizar las interferencias térmicas y conseguir un mayor ahorro energético.

Las dimensiones aparentes (a escala) de los componentes presentes en el plano, y los demás detalles que se recogen en él, facilitan una visión de la funcionalidad operacional de la planta (ver Anexo III).

Con este diseño se ha procurado facilitar todos los procesos para la elaboración de la cerveza: abastecimientos y almacenamientos básicos, llenado de depósitos y trasvases, procesos químicos y evacuación final de la producción para su venta.

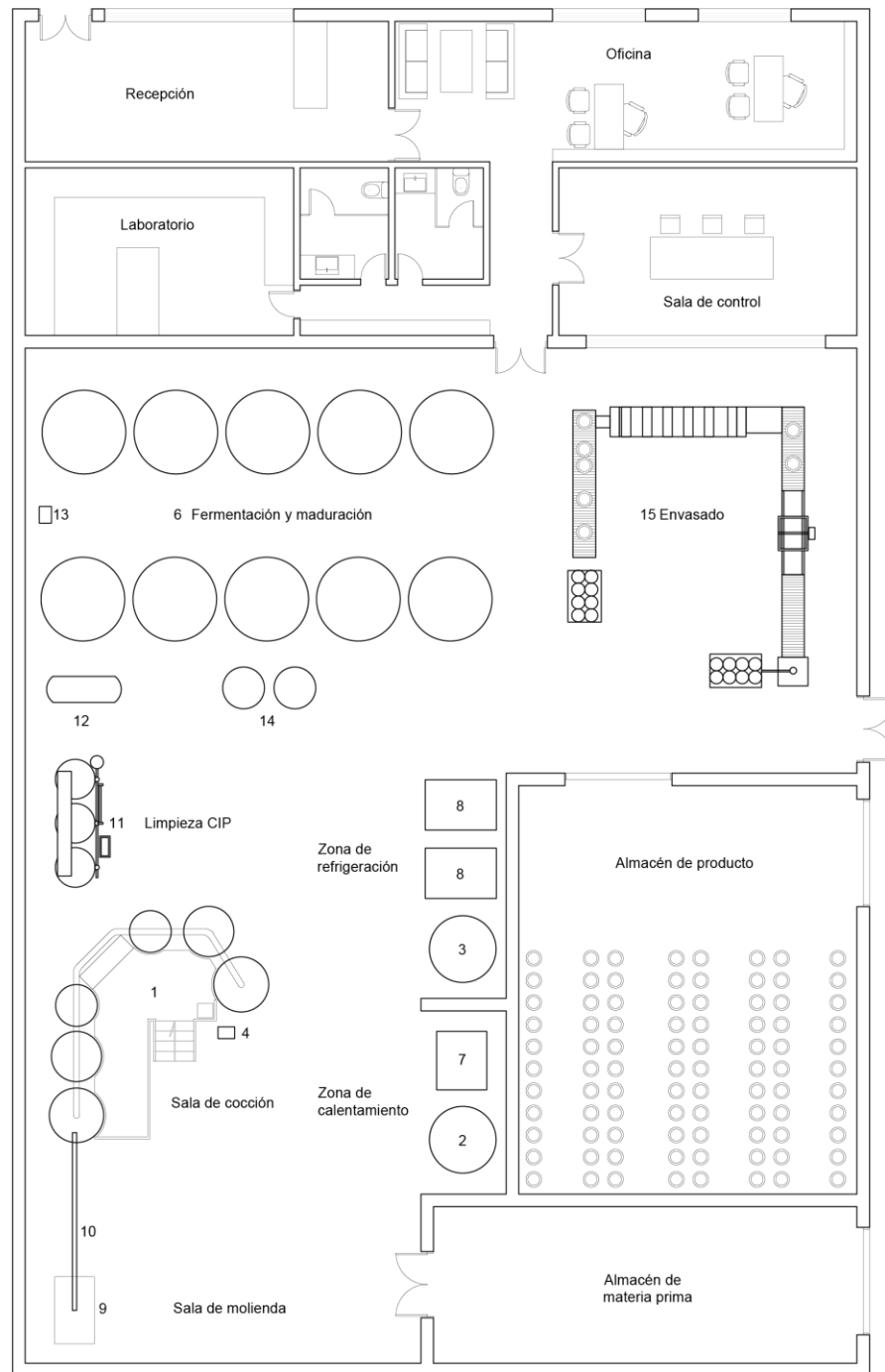


Figura 23: Diagrama de la microcervecería

1. Equipo de elaboración de mosto multietapas 2. Tanque de agua caliente 3. Tanque de agua fría 4. Intercambiador de placas y aireador de mosto 5. Agua de red (con carbón activo) 6. Tanques CCT de fermentación y maduración 7. Generador de vapor 8. Enfriadores y tanque de glicol 9. Molino de rodillos 10. Sistema de cadenas 11. Unidad de limpieza y desinfección (CIP) 12. Compresor de aire 13. Generador de N<sub>2</sub> 14. Tanques de levadura 15. Envasado de barriles

## 5 PRESUPUESTO

---

Para el diseño de la microcervecería se han escogido una serie de equipos de alta calidad con la cualificación necesaria para procesos de producción alimentaria. Igualmente se ha optado por una tecnología avanzada con la finalidad de optimizar el proceso de fabricación, tanto en términos de eficiencia energética como de rendimiento y capacidad productiva.

Para minimizar los costes operativos se ha optado por:

- Trabajar con molienda seca para evitar trabajar con el proceso de acondicionamiento.
- Usar tanques de almacenamiento de levadura para reutilizarla posteriormente.
- Utilizar unitanques para la fermentación y maduración.
- Adquirir un generador de nitrógeno para utilizar el gas inerte durante el trasiego en lugar del CO<sub>2</sub>.
- Dotar a la línea de fabricación con depósitos de agua para su acumulación a diferentes temperaturas y su reutilización en otros procesos.
- Envasar en barriles para la distribución comercial. Con esta opción se ahorran costes de envasado: envases, embalajes, etiquetado y operativa logística.
- Sacar la máxima productividad a las horas de trabajo con la elaboración de cerveza de alta fermentación (menor tiempo de fermentación) y la utilización de equipos de cocción de seis etapas para trabajar en continuo.

Con todo ello se consigue una capacidad productiva de 10.000 hl/año, con una inversión limitada y unos costes generales de explotación moderados. Esto facilitará la comercialización de la cerveza artesanal a unos precios competitivos para el mercado de Andalucía Occidental.

A continuación se detallan los costes por inversión y los costes operacionales esperados.

## 5.1 Costes

### 5.1.1 Inversión inicial

La Tabla 7 presenta todos los costes de inversión de los equipos e instalaciones que conforman la microcervecería para su montaje. Además de los instrumentos para hacer las mediciones necesarias del producto en el laboratorio. Así como los barriles suficientes para garantizar el envasado del producto nuevo en el caso de que los barriles ya distribuidos tarden en retornar.

| EQUIPO                                                                          | UNIDADES | PRECIO TOTAL |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------|
| MÁQUINA DE PREPARACIÓN DE MOSTO DE 6 ETAPAS (CON SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL) | 1        | 175.205 €    |
| SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE ENFRIAMIENTO DE LOS TANQUES                    | 1        | 22.321 €     |
| MOLINO                                                                          | 1        | 7.960 €      |
| TRANSPORTADOR                                                                   | 1        | 3.590 €      |
| GENERADOR DE VAPOR                                                              | 1        | 25.192 €     |
| TANQUE DE AGUA CALIENTE                                                         | 1        | 15.975 €     |
| TANQUE DE FERMENTACIÓN / MADURACIÓN                                             | 10       | 180.023 €    |
| ENFRIADOR Y AIREADOR DE MOSTO                                                   | 1        | 4.051 €      |
| ENFRIADOR DE GLICOL                                                             | 4        | 42.756 €     |
| TANQUE DE AGUA TRATADA CON HIELO                                                | 2        | 12.848 €     |
| EQUIPO DE LIMPIEZA Y SANEAMIENTO                                                | 1        | 22.036 €     |
| REGENERACIÓN DE LA LEVADURA                                                     | 2        | 14.746 €     |
| COMPRESOR                                                                       | 1        | 5.812 €      |
| LINEA DE LLENADO / LAVADO DE BARRILES                                           | 1        | 132.600 €    |
| BARRILES (30L)                                                                  | 6.000    | 480.000 €    |
| GENERADOR DE N2                                                                 | 1        | 8.730 €      |
| ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS DE LA CERVECERÍA                                      | 1        | 4.599 €      |
| DENSÍMETRO                                                                      | 1        | 2.030 €      |
| ESPECTROFOTÓMETRO                                                               | 1        | 4.488 €      |
| PH-METRO                                                                        | 1        | 250 €        |
| MEDIDOR DE CO2                                                                  | 1        | 3.700 €      |
| ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS DE LA CERVECERÍA                                      | 1        | 4.599 €      |
| TOTAL                                                                           |          | 1.173.511 €  |

Tabla 7: Coste total de la maquinaria

Estos costes de inversión se incrementan con 50.000 € de mobiliario y 10.000 € más en equipos informáticos, lo que hace un total de costes de inversión de **1.233.511 €**

La vida útil del equipamiento es de 15 años. Se considera una amortización lineal durante esos años, haciendo un total de amortización anual de **85.234 €**

El crédito solicitado al banco es del 100%. Con un interés del 3%. A lo que hay que sumar un 1% de comisión de apertura, más 1.000 € de gastos de estudio y otros 2.000 € de seguro de pago. Como se ve en la Tabla 8.

| FECHA DE FORMALIZACIÓN  |                   | 01/01/2019     |              | PAGOS TOTALES     |                 |
|-------------------------|-------------------|----------------|--------------|-------------------|-----------------|
| CAPITAL INICIAL         |                   | 1.233.511,00 € |              | PRINCIPAL         | 1.233.511,00 €  |
| FORMA DE PAGO           |                   | ANUAL          |              | COMISIÓN Y GASTOS | 15.335,11 €     |
| PLAZO EN AÑOS           |                   | 15             |              | INTERESES         | 316.393,98 €    |
| CARENCIA EN AÑOS        |                   | 0              |              | TOTAL             | 1.565.240,09 €  |
| % INTERÉS NOMINAL ANUAL |                   | 3%             |              |                   |                 |
| COMISIÓN DE APERTURA    |                   | 1%             |              | COSTES            |                 |
| GASTOS DE ESTUDIO       |                   | 1000           |              | T.I.R             | 3,17%           |
| FECHA FIN DE CARENCIA   |                   | 43466          |              | T.A.E             | 3,17%           |
|                         |                   |                |              |                   |                 |
| AÑOS                    | COMISIÓN Y GASTOS | INTERESES      | AMORTIZACIÓN | PAGO TOTAL        | SALDO PENDIENTE |
| 0                       | 15.335,11 €       |                |              | 15.335,11 €       | 1.233.511,00 €  |
| 1                       |                   | 37.005,33 €    | 66.321,67 €  | 103.327,00 €      | 1.167.189,33 €  |
| 2                       |                   | 35.015,68 €    | 68.311,32 €  | 103.327,00 €      | 1.098.878,01 €  |
| 3                       |                   | 32.966,34 €    | 70.360,66 €  | 103.327,00 €      | 1.028.517,36 €  |
| 4                       |                   | 30.855,52 €    | 72.471,48 €  | 103.327,00 €      | 956.045,88 €    |
| 5                       |                   | 28.681,38 €    | 74.645,62 €  | 103.327,00 €      | 881.400,26 €    |
| 6                       |                   | 26.442,01 €    | 76.884,99 €  | 103.327,00 €      | 804.515,26 €    |
| 7                       |                   | 24.135,46 €    | 79.191,54 €  | 103.327,00 €      | 725.323,72 €    |
| 8                       |                   | 21.759,71 €    | 81.567,29 €  | 103.327,00 €      | 643.756,44 €    |
| 9                       |                   | 19.312,69 €    | 84.014,31 €  | 103.327,00 €      | 559.742,13 €    |
| 10                      |                   | 16.792,26 €    | 86.534,73 €  | 103.327,00 €      | 473.207,40 €    |
| 11                      |                   | 14.196,22 €    | 89.130,78 €  | 103.327,00 €      | 384.076,62 €    |
| 12                      |                   | 11.522,30 €    | 91.804,70 €  | 103.327,00 €      | 292.271,92 €    |
| 13                      |                   | 8.768,16 €     | 94.558,84 €  | 103.327,00 €      | 197.713,08 €    |
| 14                      |                   | 5.931,39 €     | 97.395,61 €  | 103.327,00 €      | 100.317,47 €    |
| 15                      |                   | 3.009,52 €     | 100.317,47 € | 103.327,00 €      | 0,00 €          |

Tabla 8: Calendario financiero

### 5.1.2 Costes fijos

Los costes fijos están formados por el coste del personal, el alquiler de la nave, seguro a todo riesgo y el vehículo para la distribución del producto.

- Coste de personal

Se decide contratar a tres trabajadores por cada turno de trabajo (2 turnos de 8 horas). Los jefes de producción se dedicarán únicamente al proceso productivo y los ayudantes al resto de operaciones de la fábrica (envasado, mantenimiento, producción) y distribución del producto. Además, se dispone de un químico para el laboratorio, que efectuará los controles sanitarios y de calidad, y un contable para la gestión económico-administrativa.

El sueldo anual de los dos maestros cerveceros será de 28.800 € y 19.800 € para los ayudantes. El químico y el contable tienen el mismo salario que los ayudantes, 19.800€, lo que hace un total de 176.400 € al año. Para el mantenimiento de la producción durante las vacaciones se precisa una contratación adicional que se prevee de 19.600 €. El coste total de los salarios más las cargas sociales (35% del salario) suma un total de **264.600 €** al año.

- Alquiler de la nave

Se decide alquilar la nave de 650 m<sup>2</sup> para no aumentar los costes de inversión, con un coste anual de **36.000€**.

- Seguro

El seguro a todo riesgo de una microcervecera de estas características es de **5.000€** al año.

- Vehículo para distribución

Se contrata un vehículo de grandes dimensiones para realizar las tareas de distribución. El coste por renting es de 4000 € de entrada (esta cantidad se contabiliza en los costes de inversión) más 350€/mes. Lo que hace un gasto total anual de **4.200€**.

- Marketing

Se destinarán 5.000 € para la introducción en el mercado del producto fabricado.

El conjunto de los costes fijos asciende a **314.800€**.

### 5.1.3 Costes variables

En este apartado se contemplan los costes asociados a las materias primas y consumibles utilizados para la fabricación y envasado de la cerveza en un año.

#### 5.1.3.1 Costes materias primas

Para elaborar 1 hl de cerveza los valores pueden variar bastante, según el grado de graduación alcohólica que se quiera obtener, los niveles de amargor (IBU), y el tipo de fermentación. Se decide escoger del rango de los valores más utilizados a la hora de elaborar cerveza artesanal, la siguiente proporción: 25 Kg de malta, 250 g de lúpulo y 100 g de levadura, de los cuales el 50% se recupera mediante los tanques de levadura con el consiguiente ahorro.

A continuación, se muestra una tabla con el total de materia prima necesaria para la producción de 10.620 hl

| MATERIA PRIMA   | PRECIO/KG | KG TOTALES |
|-----------------|-----------|------------|
| <b>MALTA</b>    | 1,25 €    | 265.500    |
| <b>LÚPULO</b>   | 50,00 €   | 2.655      |
| <b>LEVADURA</b> | 300,00 €  | 531        |

Tabla 9: Materia prima necesaria para la elaboración de 10.620 hl

#### 5.1.3.2 Costes energéticos y agua

En este apartado se incluyen los costes de electricidad, gas natural y agua. Se comprueba que los valores se ajustan a los valores analizados en la Tabla 9.

Los precios actuales de la electricidad son 0,15 €/ kWh del gas natural, 0,05 €/ kWh y del agua, 0,671 €/m<sup>3</sup>.

Los costes de electricidad están en función de la potencia contratada. Para ello se ha tenido en cuenta la simultaneidad de las operaciones y duración de éstas.

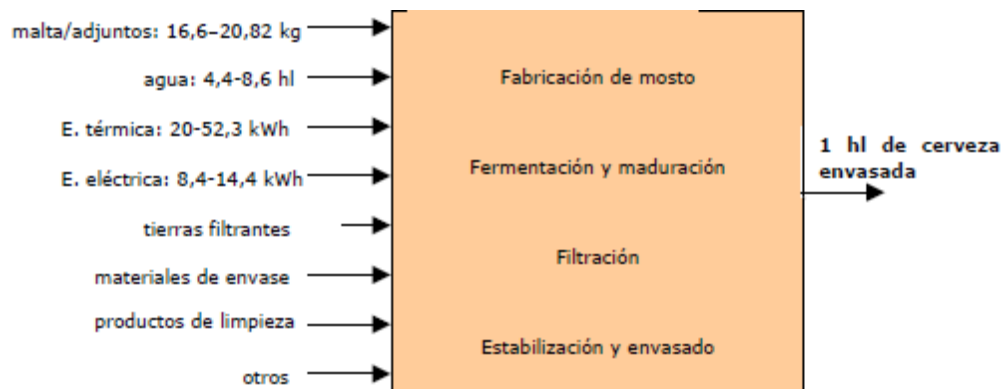


Tabla 10: Balance general para la fabricación de 1 hl de cerveza [25]

A continuación, se describen las potencias de los equipos existentes en la planta para las cuatro cocciones diarias:

| EQUIPOS                                                | POTENCIA<br>(KW) | DURACIÓN<br>OPERACIÓN<br>(H) | CONSUMO<br>(KWH) |
|--------------------------------------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| <b>MOLINO</b>                                          | 5,5              | 1                            | 5,50             |
| <b>TRANSPORTADOR</b>                                   | 1,5              | 0,5                          | 0,75             |
| <b>SALA DE COCCIÓN</b>                                 | 8                | 16                           | 128,00           |
| <b>TANQUE AGUA<br/>CALIENTE</b>                        | 8,6              | 16                           | 137,60           |
| <b>REFRIGERADOR<br/>GLICOL (100%<br/>COCCIÓN)</b>      | 85,2             | 4                            | 340,80           |
| <b>REFRIGERADOR<br/>GLICOL (20%<br/>MANTENIMIENTO)</b> | 85,2             | 24                           | 108,96           |
| <b>ENVASADO</b>                                        | 12               | 2                            | 24,00            |
| <b>ILUMINACIÓN</b>                                     | 5                | 20                           | 100,00           |
| <b>TOTAL</b>                                           | <b>125,8 kW</b>  |                              | <b>1480 kWh</b>  |

Tabla 11: Consumo de electricidad por día de producción

| EQUIPOS                   | POTENCIA (KW) | DURACIÓN | CONSUMO (KWH)    |
|---------------------------|---------------|----------|------------------|
| <b>GENERADOR DE VAPOR</b> | 151 kW        | 12h      | 1.812,00         |
| <b>TOTAL</b>              | <b>151 kW</b> |          | <b>1.812 kWh</b> |

Tabla 12: Consumo de gas natural por día de producción

Los costes de consumo del agua potable dependerán del agua utilizada en el proceso de fabricación, del agua utilizada en la limpieza de equipos y de la nave.

|              | AGUA (M3) |
|--------------|-----------|
| <b>TOTAL</b> | 34,6      |

Tabla 13: Consumo de agua por día de producción

### 5.1.3.3 Otros

- Productos de limpieza

Los costes de los productos de limpieza (álcalis y ácidos) ascienden a un total de 10.000 € anuales.

- Carbón activo

El carbón activo tiene un coste de 1.000 € y se cambiará cuando se deteriore.

- Otros gastos de mantenimiento de equipos

Para revisión, reparaciones y mantenimiento de los equipos 16.500 €

El total de los costes variables en el caso de que la producción fuese del 100% de la capacidad escogida (10.620 hl) es de 693.082 €. Si el 10% del tiempo se destina a procesos de mantenimiento de la fábrica se produce una reducción de los gastos variables convirtiéndose en **623.925€**.

## 5.2 Ventas

- Producción estimada

Teniendo en cuenta que cada cocción produce 1180 litros de mosto y que se realizan 4 cocciones diarias durante los 5 días laborables de las 52 semanas que tiene el año, una vez descontados diez días festivos, hacen un total de 1.180.000 litros que tras aplicarle las mermas correspondientes a cualquier microcervecera (10%) se quedan en 1.062.000 litros.

| 1 COCCIÓN<br>(L) | 4 COCCIONES<br>DÍARIAS (L) | PRODUCCIÓN<br>ANUAL (L) | PRODUCCIÓN ANUAL<br>CON 10% DE MERMAS<br>(L) | PRODUCCIÓN ANUAL CON<br>10% INDISPONIBILIDAD DE<br>PRODUCCIÓN (L) |
|------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1.180            | 4.720                      | 1.180.000               | 1.062.000                                    | 955.800                                                           |

Tabla 14: Producción estimada

Si se comercializa con barriles de 30 litros, se obtiene un total de 31.860 barriles al año, con un valor de venta por unidad de 75€ (el precio más bajo del mercado), todo ello hace un total de 2.389.500€ de ingresos, siempre suponiendo que hubiera que mantener la producción a pleno rendimiento, antes de impuesto especial sobre el alcohol.

|                                  | 1 BARRIL | INGRESOS TOTALES<br>(CON IMPUESTO ESPECIAL) | INGRESOS NETOS   |
|----------------------------------|----------|---------------------------------------------|------------------|
| <b>PRECIO DEL<br/>BARRIL (€)</b> | 75       | <b>2.389.500</b>                            | <b>2.293.920</b> |

Tabla 15: Ingresos por la venta completa de barriles

En España, las bebidas con un grado Plato no inferior a 11 (4,4 %vol alcohólico) y no superior a 15 (6,1 %vol alcohólico), tienen un impuesto especial sobre el alcohol de 9,96€ por hectólitro. Lo cual equivale a 3€ por barril. Si se fija el precio del barril en 75€ venta al público incluido ese impuesto, se obtendrán 72€ de ingreso por unidad.

### 5.3 Beneficio

Empezando con una producción del 50% de la capacidad prefijada de la fábrica de 10.000 hl; e incrementando cada año en un 10% de la producción (2º año 60%, 3º año 70%, 4º año 80%, 5º año 90% y 6º año 100%). Resulta que con esa pauta de crecimiento y a un precio estable de 75 € el barril, se consigue amortizar la inversión al cuarto año (1.571.934 €)

A partir del sexto año los beneficios son estables de 807.386 € / año. De ser viable, aún se puede ampliar la producción hasta 16.000 hl, con la incorporación de un tercer turno de trabajo.

| CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS                                     |             |             |             |                    |             |                  |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|-------------|------------------|
| OPERACIONES CONTINUADAS                                            | 2019        | 2020        | 2021        | 2022               | 2023        | 2024 (100%)      |
| 1. Importe neto de la cifra de negocios                            | 1.146.960 € | 1.376.352 € | 1.605.744 € | 1.835.136 €        | 2.064.528 € | 2.293.920 €      |
| 2. Aprovisionamientos                                              | 311.963 €   | 374.355 €   | 436.748 €   | 499.140 €          | 561.533 €   | 623.925 €        |
| 3. Otros ingresos de explotación                                   | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €                | 0 €         | 0 €              |
| 4. Gastos de personal                                              | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €          | 264.600 €   | 264.600 €        |
| a) Sueldos, salarios y asimilados                                  | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €          | 196.000 €   | 196.000 €        |
| b) Cargas sociales                                                 | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €           | 68.600 €    | 68.600 €         |
| 5. Otros gastos de explotación                                     | 159.482 €   | 170.903 €   | 182.384 €   | 193.927 €          | 205.533 €   | 217.205 €        |
| 6. Amortización del inmovilizado                                   | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €           | 85.234 €    | 85.234 €         |
| <b>RESULTADO DE EXPLOTACIÓN</b>                                    | 325.682 €   | 481.260 €   | 636.778 €   | 792.235 €          | 947.628 €   | 1.102.956 €      |
| 7. Gastos financieros                                              | 41.205 €    | 35.016 €    | 32.966 €    | 30.856 €           | 28.681 €    | 26.442 €         |
| <b>RESULTADO FINANCIERO</b>                                        | -41.205 €   | -35.016 €   | -32.966 €   | -30.856 €          | -28.681 €   | -26.442 €        |
| <b>RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS</b>                                | 284.477 €   | 446.244 €   | 603.812 €   | 761.379 €          | 918.947 €   | 1.076.514 €      |
| 8. Impuestos sobre beneficios                                      | -71.119 €   | -111.561 €  | -150.953 €  | -190.345 €         | -229.737 €  | -269.129 €       |
| <b>RESULTADO DEL PERIODO PROCEDENTE DE OPERACIONES CONTINUADAS</b> | 213.357 €   | 334.683 €   | 452.859 €   | 571.034 €          | 689.210 €   | 807.386 €        |
| <b>RESULTADO DEL PERIODO</b>                                       | 213.357 €   | 334.683 €   | 452.859 €   | 571.034 €          | 689.210 €   | <b>807.386 €</b> |
| <b>RESULTADO NETO ACUMULADO</b>                                    | 213.357 €   | 548.040 €   | 1.000.899 € | <b>1.571.934 €</b> | 2.261.144 € | 3.068.529 €      |

Tabla 16: Evolución anual hasta el 100% de la producción planteada

- TYRIS, una experiencia de contraste análoga en la Comunidad Valenciana

La evolución y magnitudes de ventas alcanzadas en otras experiencias en este sector de cervecerías artesanal, como es el caso TYRIS, permiten esperar que las previsiones que se establecen en el presente trabajo fin de grado son altamente plausibles.

TYRIS es una cevecería ubicada en la Comunidad Valenciana que inició su actividad en 2014. En 2018 ha alcanzado una producción de 10.000 hl e inaugurado una segunda fábrica con el objetivo de aumentar su producción a 30.000 hl.

Siendo Andalucía una región con más población y características también más favorables de clima y turismo, es esperable una evolución similar a la de esta cervecería, que ha conseguido implantarse y absorber los incrementos de mercado de cerveza artesanal de la comunidad levantina.

## 6 CONCLUSIONES

---

En síntesis, de lo expuesto y analizado en el proyecto integral de microcervecería artesanal que se presenta en este TFG, se derivan las siguientes conclusiones:

### 1 Contexto socioeconómico

- El mercado actual de la cerveza en España se encuentra en un estado de clara expansión. Junto a la producción de cerveza industrial ha surgido un nuevo nicho de mercado con la aparición de las cervezas artesanales.
- El momento para la producción artesanal de cerveza se presenta favorable; se dispone de un buen número de jóvenes profesionales bien formados y en busca de trabajo. La producción artesanal precisa pocos puestos de trabajo, lo que facilita su funcionamiento con unos costes fijos asumibles y controlables.
- Después de años de consolidación de la cerveza como primera bebida refrescante de baja graduación alcohólica en Andalucía, parte de los consumidores han pasado a otro estadio donde se buscan nuevos sabores, nuevas texturas, nuevas sensaciones.

### 2 Proceso de fabricación

- Las fábricas de elaboración de cerveza artesanal poseen generalmente un nivel tecnológico fácilmente implementable. Con la tecnología y los equipos industriales para la fabricación de cerveza seleccionados es posible poner en marcha una microcervecería tecnológicamente avanzada, capaz de optimizar el proceso, tanto en términos de eficiencia energética como de rendimiento y capacidad productiva. Junto a la calidad de los equipos, se ha buscado minimizar los costes operativos y agilizar el proceso de elaboración. Todo ello sin perder el carácter y la versatilidad de la producción artesanal.
- Equipo de cocción de 6 etapas “*Breworx Oppidum 1000*”. Este equipo dispone de una caldera de crudos que aporta una gran flexibilidad a la hora de elaborar cerveza, pues permite trabajar con maceración por decocción en vez de maceración por infusión y utilizar adjuntos en el caso de que el maestro cervecero así lo desee. Además, se cuenta con un tanque de espera que permite trabajar en continuo.
- Se ha primado la reutilización de consumibles. Este es el caso de la levadura con la incorporación de los tanques de almacenamiento de levadura (puede reutilizarse cuatro generaciones) y los depósitos para acumular agua a diferentes temperaturas y reutilizarla posteriormente en otras fases del proceso, reduciendo así el consumo de materias primas y energía.
- La limpieza interna de los equipos está automatizada por completo. Esto supone un ahorro en mano de obra y por consiguiente una reducción del consumo de agua y productos de limpieza y garantiza la limpieza y desinfección, de suma importancia, pues la cerveza que se elabora está destinada a consumo humano.
- En la misma línea de reducción de costes se ha optado por utilizar los fermentadores CCT (con una serie de ventajas derivadas de su estructura geométrica) para la fermentación y maduración, esta forma de operar se conoce como unitanque ahorrando así costes de inversión. Se trabajará de forma isobárica, a pesar del alto coste de inversión, y no atmosférica (muy utilizada en las cerveceras artesanales), pues hay menos riesgo de oxidación de la cerveza y tiene un menor coste operativo.
- El uso de un generador de nitrógeno como gas de empuje inerte en lugar del costoso CO<sub>2</sub> servirá para desplazar la cerveza conservando sus propiedades organolépticas.

- Se ha elegido envasar en barriles para la distribución comercial en vez del embotellado y enlatado. Esta medida proporciona un importante ahorro en envases, embalajes, etiquetado y operativa logística, además del muy considerable ahorro de tiempo.
- Para aprovechar al máximo la productividad y el rendimiento de las horas de trabajo se ha optado por la elaboración de cerveza de alta fermentación que precisa de menor tiempo de fermentación.

Con todo ello se consigue una capacidad productiva de 10.000 hl/año, con una inversión limitada y unos costes generales de explotación moderados. Esto facilitará la comercialización de la cerveza artesanal a unos precios competitivos para el mercado de Andalucía Occidental.

### **3 Garantías sanitarias y de calidad**

- Dado que la cerveza es un producto alimentario, está sometida a la legislación y normativa sanitaria y de calidad alimentaria, tanto en el producto en si, como en el proceso de producción. En este caso afecta especialmente a los equipos, por ello se ha optado por equipos de acero inoxidable.

### **4 Economía del proyecto y viabilidad integral**

- En referencia a la estimación de la inversión, es reseñable que la creación de una microcervecería puede ser una buena oportunidad dado que el sector se encuentra en gran crecimiento (1.325% entre 2008 y 2014). Aunque existan competidores en el mercado, se trata de un proyecto de gran consistencia económica. Esto, unido al crecimiento del consumo de cerveza y a la demanda, cada vez mayor, de cervezas con características propias, hace atractivo y viable el proyecto con una inversión razonable y acorde a la dimensión del mismo.
- El mercado de la cerveza artesanal se encuentra en un estado incipiente que abre la posibilidad de dar un salto tecnológico de calidad por encima de la oferta existente, caracterizada por cierta precariedad y limitación de objetivos.
- Para la inversión prevista (1.200.000 €) y la producción final esperada (10.000 hl) se obtiene un tiempo de recuperación de la inversión inferior a 5 años. Una rentabilidad final de 800.000€ anuales tras la amortización.
- La capacidad productiva de la microcervecería puede ser ampliada hasta 16.000 hl con una moderada inversión complementaria.
- La producción final esperada representa un 25% de cuota del mercado al que se destina (Andalucía Occidental). Similar a la de otras experiencias de éxito desarrolladas en otras regiones de España.

# REFERENCIAS

---

- [1] W. Kunze, Tecnología para cerveceros y malteros, Berlin: VLB Berlin, 2006.
- [2] «Amigos del Antiguo Egipto,» [En línea]. Available: <http://amigosdelantiguoegipto.com/>.
- [3] «Cervecera Independiente,» [En línea]. Available: <https://cerveceraindependiente.com/>.
- [4] «Pinterest,» [En línea]. Available: <https://www.pinterest.es/>.
- [5] «Somos cerveza,» [En línea]. Available: <https://somoscerveza.com/>.
- [6] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki>.
- [7] N. Penalva, Cerveza: guía práctica y elaboración, Libsa, 2017.
- [8] L. G. Balcells, Cerveza, Planeta, 2014.
- [9] «Ministerio de Empleo y Seguridad Social» [En línea] Available: <http://www.empleo.gob.es/es/estadistica>
- [10] «El Mundo,» [En línea]. Available: <http://www.elmundo.es/economia.html>.
- [11] «Brewers Association,» [En línea]. Available: [www.brewersassociation.org](http://www.brewersassociation.org).
- [12] Cerveceros de España, «Informe Socioeconómico del sector de la cerveza en España,» 2017.
- [13] «Revista Mash,» [En línea]. Available: <http://www.revistamash.com>.
- [14] J. P. y. C. Kaminski, «How to brew».
- [15] «Con mucha gula,» [En línea]. Available: <https://www.conmuchagula.com/>.
- [16] «Cocinista,» [En línea]. Available: <https://www.cocinista.es/>.
- [17] «Cervecero valenciano,» [En línea]. Available: <https://cervecerovalenciano.wordpress.com/>.
- [18] «blastingnews,» [En línea]. Available: <https://mx.blastingnews.com/>.
- [19] «Haz chela,» [En línea]. Available: <https://hazchela.wordpress.com/>.
- [20] «La Boutique del Cervecero,» [En línea].

- [21] M. B. R. C. M. G. Ángel Viteri, *Modelling in Science Education and Learning*, Universitat Politècnica de València.
- [22] J. A. B. Fidalgo y M. Boto Ordoñez, *La cerveza: ciencia, tecnología, ingeniería, producción y valoración: lo que se debe conocer para la elaboración de cerveza a escala industrial, artesanal o en casa*, León: Universidad de León, 2017.
- [23] G. Aubert, *El arte de hacer cerveza*, Badalona: Parramon, 2017.
- [24] *Seminario Fermentación Escuela Técnica Superior de Ingenieros*, 2018.
- [25] Secretaria General Técnica Ministerio de Medio Ambiente, «Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector cervecero,» 2005.
- [26] *Proyecto de una instalación de malteado para la fabricación de cerveza*.
- [27] Instituto tecnológico agroalimentario, «Mejores técnicas disponibles en el sector cervecero».
- [28] «Brewmasters,» [En línea]. Available: <https://brewmasters.com.mx/>.
- [29] «Cerveza de Argentina,» [En línea]. Available: <http://www.cervezadeargentina.com.ar/recetas/recetas>
- [30] «Czechminibreweries,» [En línea]. Available: <http://www.czechminibreweries.com/>.
- [31] «Cerveceros de España,» [En línea]. Available: <https://cerveceros.org/>.
- [32] Beer Judge Certification Program, «Guía de Estilos,» 2015.

# ANEXO I. MARCO LEGAL

---

La cerveza, como todo producto alimentario, está sujeta a múltiples controles de tipo legislativo. En este apartado se expone el marco legal básico europeo y español que regula la fabricación y puesta en el mercado de la cerveza.

## **Normativa aplicable a la cerveza en cuanto a producto (Norma de calidad)**

En España, con el fin de actualizar la normativa básica de calidad para la elaboración y comercialización de la cerveza y de las bebidas de malta, el 16 de diciembre de 2016 se aprobó el Real Decreto 678/2016 del Ministerio de la Presidencia y para las Administraciones Territoriales que regula el sector. Esta normativa, actualmente en vigor, se hacía necesaria dadas las innovaciones tecnológicas, la evolución de los mercados y la modificación de las expectativas de los consumidores.

De este modo quedó derogado el Real Decreto 53/1995 (Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida) y la Orden de 15 de octubre de 1985 (Métodos oficiales de análisis de la cerveza). Ahora bien, la disposición transitoria única del RD 678/2016 establece que los productos fabricados y las etiquetas y envases rotulados, adquiridos antes de la entrada en vigor de la Norma de Calidad podrán comercializarse hasta que se agoten las existencias si se elaboraron según la normativa anterior.

## **Normativa aplicable al etiquetado de la cerveza**

El Reglamento (UE) N° 1169/2011 de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor establece los principios generales, los requisitos y las responsabilidades que rigen la información alimentaria y, en particular, el etiquetado de los alimentos. Esta normativa se aplica a los operadores de empresas alimentarias en todas las fases de la cadena alimentaria, en caso de que sus actividades conciernen a la información alimentaria facilitada al consumidor.

La cerveza, como producto alimenticio, está sujeta a las disposiciones de este Reglamento, con las particularidades que se establecen en su propia Norma de Calidad.

## **Normativa sobre los impuestos especiales que gravan la cerveza**

La sujeción de la cerveza a la ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales (BOE n° 312, de 29 de diciembre de 1992), responde a la armonización de estos impuestos a escala comunitaria, configurándose como impuestos indirectos que recaen sobre el consumo de determinados bienes, gravando su fabricación o su importación. La repercusión obligatoria del impuesto produce el efecto de que el gravamen sea soportado por el consumidor, que ya asume como finalista el impuesto sobre el valor añadido (IVA) en su condición de impuesto general (al tipo del 21% para la cerveza).

El Real Decreto 1165/1995, de 7 de julio, establece las condiciones detalladas de aplicación de la Ley en forma de Reglamento (BOE n° 179, de 28 de julio de 1995), habiendo sido modificado por Real Decreto 112/1998, de 30 de enero (BOE n° 27, de 31 de enero de 1998), por Real Decreto 1965/1999, de 23 de diciembre (BOE n° 312, de 30 de diciembre de 1999) y por Real Decreto 1739/2003, de 19 de diciembre (BOE n° 11, de 13 de enero de 2004).

Los tipos impositivos se actualizan mediante la Ley General de Presupuestos del Estado.

## **Normativa referente a los envases de cerveza**

Los envases de cerveza se encuentran sujetos a las siguientes normas:

- Contenido efectivo: Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre (BOE nº 266/2008).
- Características de las botellas como recipientes medida: Real Decreto 703/1988, de 1 de julio (BOE nº 172/1988).
- En tanto que se convierten en residuo: Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de envases (BOE nº 99/1997) y su reglamento -Real Decreto 782/1998, de 30 de abril (BOE nº 104/1998).

Cerveceros de España es uno de los miembros fundadores del Sistema Integrado de Gestión ECOVIDRIO, la entidad sin ánimo de lucro encargada de gestionar el reciclado de todos los residuos de envases de vidrio en España.

## **Normativa medioambiental (IPPC)**

La industria cervecera se encuentra sujeta al cumplimiento de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación (BOE nº 157, de 2 de julio de 2002), que articula un procedimiento para la concesión de las autorizaciones ambientales integradas para las instalaciones industriales sujetas a la misma, donde deberán constar los límites máximos de emisión autorizados en función de las mejores técnicas disponibles en cada caso. Como referencia respecto a las mejores técnicas disponibles por sectores, se han elaborado en el IPTS (Instituto de Prospectivas Tecnológicas) de Sevilla unos documentos llamados BREF.

Tomando este BREF como punto de partida, Cerveceros de España ha colaborado con el Ministerio de Medioambiente en la redacción de una Guía de Mejores Técnicas Disponibles en el sector cervecero español, para cuya redacción se contó con el Centro Tecnológico AINIA. Se ha pretendido que la Guía constituya una herramienta sencilla y práctica en su uso, recogiendo la información necesaria y disponible, expuesta y descrita con la claridad, extensión y precisión conveniente, para facilitar así la comprensión y el trabajo de las Comunidades Autónomas, ya que corresponde a sus órganos ambientales la coordinación de los trámites de concesión de las Autorizaciones Ambientales Integradas.

A escala comunitaria, la Asociación de Cerveceros de Europa ha consensuado una guía para la aplicación de mejores técnicas que se ha facilitado al IPTS, como parte del documento BREF que está elaborando para toda la industria agroalimentaria europea.

## **Normativa relativa a seguridad e higiene**

La normativa europea sobre seguridad e higiene pretende controlar de forma rigurosa la trazabilidad y el análisis de riesgos de los productos alimenticios.

Con este fin la Unión Europea aprobó el Reglamento UE nº 178/2002, (del Parlamento Europeo y del Consejo), de 28 de enero de 2002, que es directamente aplicable sin necesidad de transposición a nuestra normativa nacional. En él, se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan los procedimientos relativos a la seguridad alimentaria (Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 31, de 1 de febrero de 2002).

Además, desde el 1 de enero de 2006, es de aplicación el Reglamento UE nº 853/2004, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios.

Ya en octubre de 1996, Cerveceros de España, preocupados por el control de riesgos, su primer manual de Aplicación del Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos en el Sector Cervecero Español (Plan de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico, según la más reciente terminología), con la aprobación del Ministerio de Sanidad y Consumo. Tras la aprobación por Cerveceros de Europa de un documento sobre la gestión de la seguridad alimentaria en la industria cervecera europea mediante los principios del APPCC y en vista de la entrada en vigor del Reglamento 853/2004, Cerveceros de España ha modificado su documento, que siguiendo la terminología actual, se denomina "Guía para la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico en el sector cervecero español".

Por otro lado, Cerveceros de España, con objeto de cumplir con la legislación existente en materia de trazabilidad y mejorar significativamente la eficiencia en la cadena de suministro, solicita a sus proveedores que, para beneficiarse todos del uso de herramientas comunes, apliquen de manera correcta a sus productos y agrupaciones las Normas EAN de Codificación conforme se indica en el cuaderno de carga para proveedores.<sup>4</sup> [31]

---

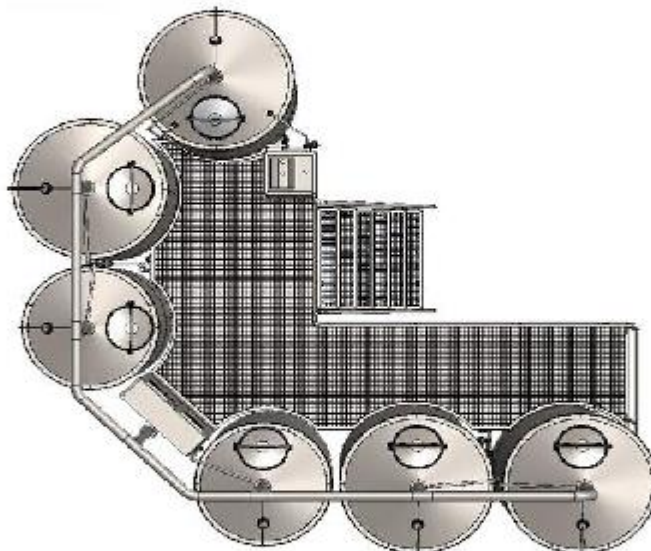
<sup>4</sup> **Bibliografía del Anexo I** [31]

## ANEXO II. HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                |                                                                       |                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                       |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                       |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCERVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                          | 13/09/2018     |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 7.960 €                        | <b>APLICACIÓN</b>                                                     | MOLIENDA       |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                |                                                                       |                |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | BREWWORKX                      | <b>UNIDADES</b>                                                       | 1              |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                         | MMR-300        |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |                                                                       |                |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1200X954X1640 mm               | <b>PESO</b>                                                           | 600 Kg         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                      | 1200-1800 Kg/h |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                | <b>MATERIAL</b>                                                       | ACERO          |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                | <b>POTENCIA</b>                                                       | 5,5 kW         |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                |                                                                       |                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |                                                                       |                |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                                                                       |                |
| <p>Molino eléctrico de dos rodillos perfecto para la trituration de malta, con una capacidad de producción de 1500 a 1800 kg por hora.</p> <p>Los cilindros anchos aseguran el acceso requerido al endospermo sin ningún tipo de daño de las partes externas de los granos, que son importantes para la posterior filtración del mosto a través de una capa de cascarillas de grano o "torta".</p> |                                |                                                                       |                |

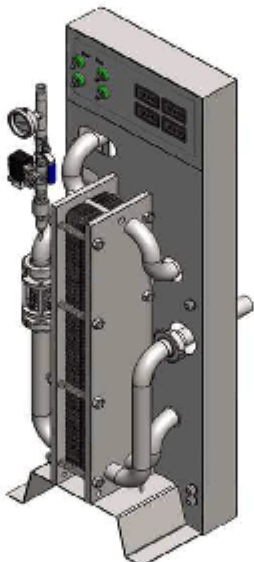
|                                                                                                                                                                                                                                                           | HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS |                                                                      |                  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | UNIVERSIDAD DE SEVILLA  |                                                                      |                  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | PROYECTO                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                  |  |
| LUGAR DE INSTALACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | SEVILLA (ESPAÑA)        | FECHA                                                                | 13/09/2018       |  |
| COSTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 3.590 €                 | APLICACIÓN                                                           | TRANSPORTE       |  |
| SERVICIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                                      |                  |  |
| NOMBRE DEL EQUIPO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | BREWWORKX               | UNIDADES                                                             | 1                |  |
| MARCA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CZECH BREWERY SYSTEM    | MODELO                                                               | SCR-60           |  |
| ESPECIFICACIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                                      |                  |  |
| DIMENSIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6000X70X70 mm           | PESO                                                                 | 460 Kg           |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | CAPACIDAD                                                            | 1500 Kg/h        |  |
| PRESION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | MATERIAL                                                             | ACERO INOXIDABLE |  |
| TEMPERATURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         | POTENCIA                                                             | 1,5 kW           |  |
| FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |                                                                      |                  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                         |                         |                                                                      |                  |  |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                                                                      |                  |  |
| <p>Para una microcervecera con un alto volumen de mosto cargar la malta en el molino, recoger la malta triturada en sacos y la manipulación manual con las bolsas son actividades físicamente muy exigentes por lo que el uso del transportador de tornillo facilita el transporte de malta molida al macerador de la sala de cocción.</p> |                         |                                                                      |                  |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS |                                                                      |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | UNIVERSIDAD DE SEVILLA  |                                                                      |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | PROYECTO                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                     |
| LUGAR DE INSTALACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | SEVILLA (ESPAÑA)        | FECHA                                                                | 13/09/2018          |
| COSTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 175.207 €               | APLICACIÓN                                                           | PRODUCCIÓN DE MOSTO |
| SERVICIO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                         |                                                                      |                     |
| NOMBRE DEL EQUIPO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | BREWWORX                | UNIDADES                                                             | 1                   |
| MARCA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CZECH BREWERY SYSTEM    | MODELO                                                               | OPPIDIUM-1000       |
| ESPECIFICACIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                         |                                                                      |                     |
| DIMENSIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 6700X6200X3700 mm       | PESO                                                                 | 2.960 Kg            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         | CAPACIDAD                                                            | 1000-6000 L/d       |
| PRESION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                         | MATERIAL                                                             | ACERO INOXIDABLE    |
| TEMPERATURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         | HOJA                                                                 | 1                   |
| FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |                                                                      |                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                         |                                                                      |                     |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                         |                                                                      |                     |
| <p>La máquina de producción de mosto OPPIDIUM 1000 es un equipo compacto con diseño industrial que incluye todo el equipo necesario para producir 1180 litros de mosto en un lote de malta, lúpulo y agua. La máquina compacta para la preparación del mosto incluye seis recipientes especiales para maximizar la capacidad de producción. Gracias al método de producción en continuo esta máquina es capaz de producir de uno a seis lotes de mosto por día - (de 1180 hasta 7080 litros de mosto por día).</p> |                         |                                                                      |                     |

|                                                                                  | HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS |                                                                      |                     |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------|--|
|                                                                                                                                                                   | UNIVERSIDAD DE SEVILLA  |                                                                      |                     |  |
|                                                                                                                                                                   | PROYECTO                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                     |  |
| LUGAR DE INSTALACIÓN                                                                                                                                              | SEVILLA (ESPAÑA)        | FECHA                                                                | 13/09/2018          |  |
| COSTE                                                                                                                                                             | 175.207 €               | APLICACIÓN                                                           | PRODUCCIÓN DE MOSTO |  |
| SERVICIO                                                                                                                                                          |                         |                                                                      |                     |  |
| NOMBRE DEL EQUIPO                                                                                                                                                 | BREWWORX                | UNIDADES                                                             | 1                   |  |
| MARCA                                                                                                                                                             | CZECH BREWERY SYSTEM    | MODELO                                                               | OPPIDIUM-1000       |  |
| ESPECIFICACIONES                                                                                                                                                  |                         |                                                                      |                     |  |
| DIMENSIONES                                                                                                                                                       | 6700X6200X3700 mm       | PESO                                                                 | 2.960 Kg            |  |
|                                                                                                                                                                   |                         | CAPACIDAD                                                            | 1000-6000 L/d       |  |
| PRESION                                                                                                                                                           |                         | MATERIAL                                                             | ACERO INOXIDABLE    |  |
| TEMPERATURA                                                                                                                                                       |                         | HOJA                                                                 | 2                   |  |
| FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO                                                                                                                                             |                         |                                                                      |                     |  |
|                                                                                |                         |                                                                      |                     |  |
| DESCRIPCIÓN                                                                                                                                                       |                         |                                                                      |                     |  |
| La máquina de producción de mosto BREWWORX OPPIDIUM 1000 incluye:                                                                                                 |                         |                                                                      |                     |  |
| - Tanque de maceración 1000 litros: recipiente para mezclar los granos de malta molida con agua caliente y separar el almidón para formar una solución de azúcar. |                         |                                                                      |                     |  |
| - Tanque de adjuntos 500 litros: recipiente para trabajar con decocción o añadir adjuntos                                                                         |                         |                                                                      |                     |  |
| - Cuba filtro: recipiente con un tamiz especial para filtrar el mosto.                                                                                            |                         |                                                                      |                     |  |
| - Tanque de espera: recipiente para almacenamiento temporal de mosto caliente y mantenimiento de su temperatura                                                   |                         |                                                                      |                     |  |
| - Tanque de cocción: recipiente para hervir el mosto con lúpulo                                                                                                   |                         |                                                                      |                     |  |
| - Tanque de clarificación: para la separación centrífuga de sustancias no deseadas                                                                                |                         |                                                                      |                     |  |
| Además incluye un panel de control con todos los elementos de control y ordenador industrial para el control del proceso de producción del mosto                  |                         |                                                                      |                     |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                                       |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                       |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                       |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCERVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                    |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                          | 13/09/2018         |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 25.192 €                       | <b>APLICACIÓN</b>                                                     | MACERACIÓN COCCIÓN |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                                       |                    |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | GENERADOR DE VAPOR             | <b>UNIDADES</b>                                                       | 1                  |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                         | GSG-200            |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                |                                                                       |                    |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 1400X1200X2000 mm              | <b>PESO</b>                                                           | 550 Kg             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                      | 100-200 Kg/h       |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1-4,7 bar                      | <b>MATERIAL</b>                                                       | ACERO INOXIDABLE   |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 155 ºC                         | <b>POTENCIA</b>                                                       | 151 kW             |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                |                                                                       |                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                |                                                                       |                    |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                |                                                                       |                    |
| <p>Generador de vapor de gas automático con una potencia disponible 151 kW.</p> <p>La alimentación de agua se puede conectar directamente a la red de agua o a un tanque de condensado. La regulación de la presión de vapor de trabajo es ajustable desde 1 y 4,7</p> <p>Este generador de vapor está equipado con quemador de gas RIELLO RS 4DF MBZRDLE 412g - presión de entrada de gas 2-36 kPa.</p> |                                |                                                                       |                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |                                                                              |                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                              |                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                              |                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>PROYECTO</b>                | <b>DISEÑO DE UNA MICROCERVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES</b> |                           |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>SEVILLA (ESPAÑA)</b>        | <b>FECHA</b>                                                                 | <b>13/09/2018</b>         |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>15.875 €</b>                | <b>APLICACIÓN</b>                                                            | <b>MACERACIÓN COCCIÓN</b> |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |                                                                              |                           |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>TANQUE DE AGUA CALIENTE</b> | <b>UNIDADES</b>                                                              | <b>1</b>                  |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>CZECH BREWERY SYSTEM</b>    | <b>MODELO</b>                                                                | <b>HWT-4000</b>           |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                |                                                                              |                           |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>1600X1600X3100 mm</b>       | <b>PESO</b>                                                                  | <b>350 Kg</b>             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                             | <b>4000 L</b>             |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                | <b>MATERIAL</b>                                                              | <b>ACERO INOXIDABLE</b>   |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                | <b>POTENCIA</b>                                                              |                           |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                |                                                                              |                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                                              |                           |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                |                                                                              |                           |
| <p>El tanque de agua caliente está diseñado para almacenar 4000 litros de agua precalentada de la primera etapa de enfriamiento y después poder calentar hasta 80 ° C.</p> <p>Es necesario tener suficiente agua potable disponible a una determinada temperatura durante el proceso de elaboración de la cerveza para mezclar la malta con el agua durante la maceración, lavado del grano, para limpiar y desinfectar los equipos y otros recipientes, etc.</p> <p>Esta versión funciona con vapor combinado de calefacción eléctrica - Incluye el intercambiador de calor de vapor de tubo, los elementos de calefacción 2x 4.3kW, la caja de distribución eléctrica, el sistema de control de temperatura y la estación de presión de agua.</p> |                                |                                                                              |                           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |                                                                       |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                       |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                       |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCERVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |              |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                          | 13/09/2018   |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4.051 €                        | <b>APLICACIÓN</b>                                                     | ENFRIAMIENTO |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |                                                                       |              |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | REFRIGERADOR                   | <b>UNIDADES</b>                                                       | 1            |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                         | WCASB-1000   |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                |                                                                       |              |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 400X280X1200 mm                | <b>PESO</b>                                                           | 125 Kg       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                      | 1000 l/h     |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,5 BAR                        | <b>MATERIAL</b>                                                       |              |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                | <b>POTENCIA</b>                                                       |              |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                                                       |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                                       |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |                                                                       |              |
| <p>Refrigerador compacto y sistema de aireación previo a la inoculación de las levaduras, con rendimiento de 1000 litros de mosto por hora. Este intercambiador de calor tubular de dos etapas está diseñado para enfriar el mosto caliente desde 98 ° C a 7 ° C usando agua 15 ° C y 1 ° C antes de iniciar el proceso de fermentación de la cerveza.</p> |                                |                                                                       |              |

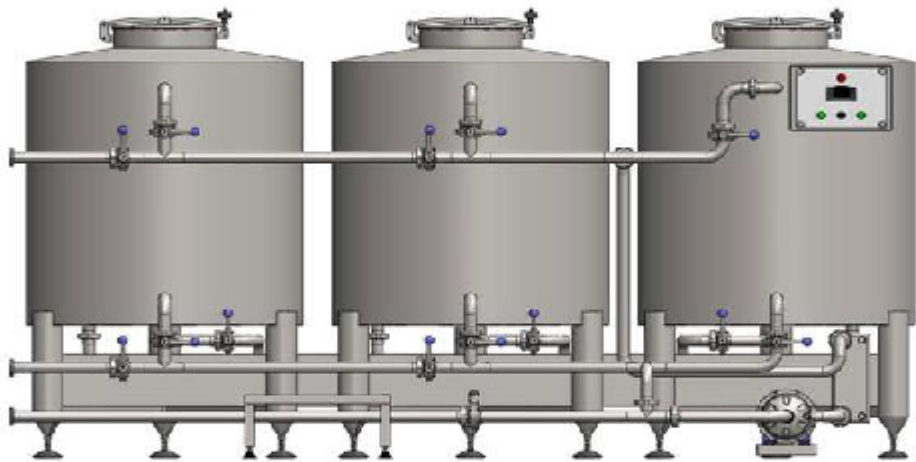
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                             |                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                             |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                             |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>PROYECTO</b>                | <b>DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES</b> |                         |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>SEVILLA (ESPAÑA)</b>        | <b>FECHA</b>                                                                | <b>13/09/2018</b>       |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>12.128 €</b>                | <b>APLICACIÓN</b>                                                           | <b>ENFRIAMIENTO</b>     |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                             |                         |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>TANQUE DE AGUA FRÍA</b>     | <b>UNIDADES</b>                                                             | <b>1</b>                |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>CZECH BREWERY SYSTEM</b>    | <b>MODELO</b>                                                               | <b>ITWT-4000</b>        |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                                             |                         |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1700X1700X3100 mm</b>       | <b>PESO</b>                                                                 | <b>380 Kg</b>           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                            | <b>400 L</b>            |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                | <b>MATERIAL</b>                                                             | <b>ACERO INOXIDABLE</b> |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                | <b>POTENCIA</b>                                                             |                         |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                                                                             |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                             |                         |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                             |                         |
| <p>El tanque de agua fría (ITWT-4000) con la espiral de enfriamiento en su interior está diseñado para la acumulación de 4000 litros de agua helada. El agua tratada muy fría se utiliza para enfriar el mosto en un intercambiador de calor de placa de una sola etapa donde el mosto se enfría de 95 ° C a aproximadamente 6 ° C a 25 ° C. Este agua se calienta a 70-80 ° C durante el enfriamiento del mosto y se trasvasa el agua caliente en el tanque de agua caliente, donde se almacena y se utiliza para la próxima producción</p> |                                |                                                                             |                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                      |                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                                                                                                                                                             | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                            |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                  | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018                 |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | 18.023 €                       | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | FERMENTACIÓN<br>MADURACIÓN |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                      |                            |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                     | FERMENTADOR                    | <b>UNIDADES</b>                                                      | 10                         |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                 | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | CCT-5000C                  |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                                      |                            |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                           | 4929X1800X1800 mm              | <b>PESO</b>                                                          | 1400 Kg                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                              |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     | 5000 L                     |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                               | 3 Bar                          | <b>MATERIAL</b>                                                      | ACERO INOXIDABLE           |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                           |                                | <b>POTENCIA</b>                                                      |                            |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                                                                      |                            |
|                                                                                                                                                                            |                                |                                                                      |                            |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                      |                            |
| <p>El tanque de fermentación cilíndrico-cónico (CCT) de acero inoxidable DIN 1.4301 (AISI 304) también utilizado para la maduración, tiene una capacidad útil 5000 litros y un espacio en cabeza de 966 litros, es decir, un volumen total 5966 litros,.</p> |                                |                                                                      |                            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                      |                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                  |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018       |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 7.373 €                        | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | FERMENTACIÓN     |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                      |                  |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ALMACÉN DE LEVADURAS           | <b>UNIDADES</b>                                                      | 2                |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | YSTP16G          |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                                      |                  |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 990X1200X1700 mm               | <b>PESO</b>                                                          | 240 Kg           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     | 160 L            |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0,5 Bar                        | <b>MATERIAL</b>                                                      | ACERO INOXIDABLE |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                | <b>POTENCIA</b>                                                      |                  |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                |                                                                      |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |                                                                      |                  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                      |                  |
| <p>El tanque de almacenamiento de levaduras es un recipiente de presión especial (máximo 0.5 bar) con volumen de uso 160 litros, equipado para el almacenamiento, revitalización, recogida y dosificación de la levadura cervecera en los fermentadores.</p> <p>La parte cilíndrica se cubre con revestimiento dúplex para el enfriamiento del tanque, conectado al sistema de agua con hielo o glicol .</p> |                                |                                                                      |                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                                      |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |              |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018   |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10.689 €                       | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | ENFRIAMIENTO |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                                      |              |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | DEPÓSITO DE AGUA               | <b>UNIDADES</b>                                                      | 2            |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | ICWT-4000    |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                      |              |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 1700X1700X2400 mm              | <b>PESO</b>                                                          | 520 Kg       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     | 4000 L       |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                | <b>MATERIAL</b>                                                      |              |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | <b>POTENCIA</b>                                                      |              |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |                                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                                      |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                                      |              |
| <p>El depósito ICWT-4000 (con espirales de refrigeración y bombas integradas) está diseñado para la acumulación de agua fría y su posterior uso en el enfriamiento de la cerveza en la segunda etapa de enfriamiento, para un enfriamiento adicional de los fermentadores y también para enfriar otros equipos en la cervecería.</p> |                                |                                                                      |              |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |                                                                      |              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |              |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018   |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10.689 €                       | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | ENFRIAMIENTO |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                |                                                                      |              |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | REFRIGERADOR                   | <b>UNIDADES</b>                                                      | 4            |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | GCU-125      |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                |                                                                      |              |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1200X1200X960 mm               | <b>PESO</b>                                                          | 120 Kg       |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     |              |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                | <b>MATERIAL</b>                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                | <b>POTENCIA</b>                                                      | 21,3 kW      |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                                                      |              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |                                                                      |              |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |                                                                      |              |
| <p>La unidad de refrigeración del condensador es utilizada para el enfriamiento del refrigerante (normalmente agua con glicol) del tanque de agua de refrigeración industrial (ICWT). Las tuberías de cobre de salida del refrigerador se deben unir con tubos de cobre de entrada del intercambiador de calor de tubería o el lado primario del intercambiador de calor del tanque ICWT. Es posible instalar más unidades de condensación en serie y es ecomendamos mantener las unidades de condensación dentro de un máxima distancia desde el tanque ICWT de 25 m.</p> |                                |                                                                      |              |

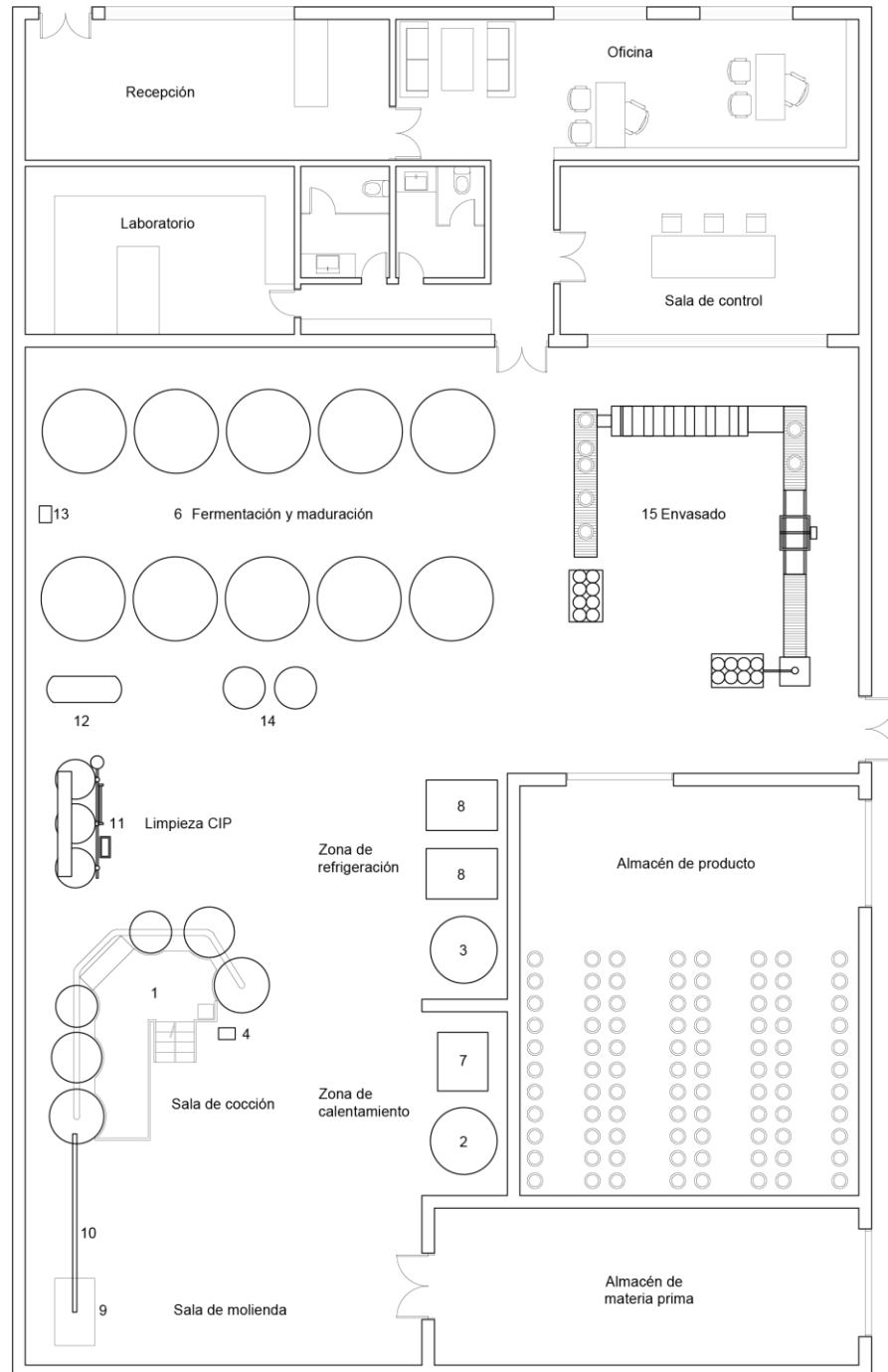
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                |                                                                             |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                             |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                             |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>PROYECTO</b>                | <b>DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES</b> |                  |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                                | 13/09/2018       |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 22.136 €                       | <b>APLICACIÓN</b>                                                           | LIMPIEZA         |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                |                                                                             |                  |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ESTACIÓN DE LIMPIEZA           | <b>UNIDADES</b>                                                             | 1                |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                               | CIP-503          |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                |                                                                             |                  |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 3200X1800X1850 mm              | <b>PESO</b>                                                                 | 420 Kg           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                            | 3x500 L          |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | <b>MATERIAL</b>                                                             | ACERO INOXIDABLE |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 80°C                           | <b>POTENCIA</b>                                                             |                  |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                |                                                                             |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                                                             |                  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                |                                                                             |                  |
| <p>El CIP 503 se utiliza para limpieza, desinfección y esterilización de todos los equipos y tuberías de la fábrica de cerveza mediante la circulación de soluciones alcalinas o ácidas a través de una "bola" que rocía a presión la solución sanitaria en la pared de un equipo. El dispositivo consta de tres recipientes separados (recipiente alcalino, ácido y depósito de agua) con un volumen nominal de 500 litros y un recipiente de neutralización de 150 litros para neutralizar las soluciones antes de verter en el desagüe. El dispositivo CIP también posee un intercambiador de calor de tubería con un control de temperatura digital en el rango de 0-80 ° C. Este tipo de estación CIP se recomienda para equipos con un volumen superior a 6000 litros.</p> |                                |                                                                             |                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                      |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                          | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |            |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                               | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018 |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | 5.812 €                        | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | DIVERSAS   |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                      |            |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                  | COMPRESOR DE AIRE              | <b>UNIDADES</b>                                                      | 1          |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                              | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | ACO-60     |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                                      |            |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                        | 1900X700X1600 mm               | <b>PESO</b>                                                          | 300 Kg     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     | 300 L      |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                            |                                | <b>MATERIAL</b>                                                      |            |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |                                | <b>POTENCIA</b>                                                      | 7,5 kW     |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                              |                                |                                                                      |            |
|                                                                                                                                                                                        |                                |                                                                      |            |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                        |                                |                                                                      |            |
| <p>El compresor de aire es necesario para diversas operaciones como la aireación del mosto, accionamiento de dispositivos neumáticos como el utilizado para transportar la malta (sistema de cadenas) y producción de nitrógeno (junto con el generador de nitrógeno)</p> |                                |                                                                      |            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                                      |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                  | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |            |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                       | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018 |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | 8.730 €                        | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | TRASIEGO   |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                |                                                                      |            |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                          | GENERADOR DE N2                | <b>UNIDADES</b>                                                      | 1          |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                      | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | NIG-M1150  |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                |                                                                      |            |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | 400X290X1360 mm                | <b>PESO</b>                                                          | 45 Kg      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     | 1150 L/h   |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | 13 Bar                         | <b>MATERIAL</b>                                                      |            |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | 2-50°C                         | <b>POTENCIA</b>                                                      |            |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                                                      |            |
|                                                                                                                                                                                                 |                                |                                                                      |            |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |                                                                      |            |
| <p>El NIG-M1150 es un generador de nitrógeno de membrana con capacidad de producción 1150 litros del gas nitrógeno por hora (con 99,5 % de pureza). El nitrógeno es útil como un gas de empuje inerte para el trasiego de la cerveza sin oxidarla en lugar de CO<sub>2</sub>.</p> |                                |                                                                      |            |

|                                                                                                                                               |                                |                                                                      |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                              | <b>HOJA TÉCNICA DE EQUIPOS</b> |                                                                      |                  |
|                                                                                                                                               | <b>UNIVERSIDAD DE SEVILLA</b>  |                                                                      |                  |
|                                                                                                                                               | <b>PROYECTO</b>                | DISEÑO DE UNA MICROCEVECERÍA CON UNA PRODUCCIÓN DE 10.000 HL ANUALES |                  |
| <b>LUGAR DE INSTALACIÓN</b>                                                                                                                   | SEVILLA (ESPAÑA)               | <b>FECHA</b>                                                         | 13/09/2018       |
| <b>COSTE</b>                                                                                                                                  | 132.600 €                      | <b>APLICACIÓN</b>                                                    | ENVASADO         |
| <b>SERVICIO</b>                                                                                                                               |                                |                                                                      |                  |
| <b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>                                                                                                                      | LINEA DE ENVASADO              | <b>UNIDADES</b>                                                      | 1                |
| <b>MARCA</b>                                                                                                                                  | CZECH BREWERY SYSTEM           | <b>MODELO</b>                                                        | KWFL-MB41A       |
| <b>ESPECIFICACIONES</b>                                                                                                                       |                                |                                                                      |                  |
| <b>DIMENSIONES</b>                                                                                                                            | 5911X7716X2400 mm              | <b>PESO</b>                                                          | 1600 Kg          |
|                                                                                                                                               |                                | <b>CAPACIDAD</b>                                                     | 50 a 68 Barril/h |
| <b>PRESION</b>                                                                                                                                | 2,5 - 6 Bar                    | <b>MATERIAL</b>                                                      | ACERO INOXIDABLE |
| <b>TEMPERATURA</b>                                                                                                                            |                                | <b>POTENCIA</b>                                                      | 12 kW            |
| <b>FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO</b>                                                                                                                  |                                |                                                                      |                  |
|                                                            |                                |                                                                      |                  |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>                                                                                                                            |                                |                                                                      |                  |
| <p>La línea automática para el llenado y lavado de barriles de acero inoxidable con capacidad de producción de 50 a 68 barriles por hora.</p> |                                |                                                                      |                  |

# ANEXO III. DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA



## PLANTA DE FÁBRICA DE CERVEZA

Diseño de una planta de elaboración de cerveza con una producción de 10000 hl anuales

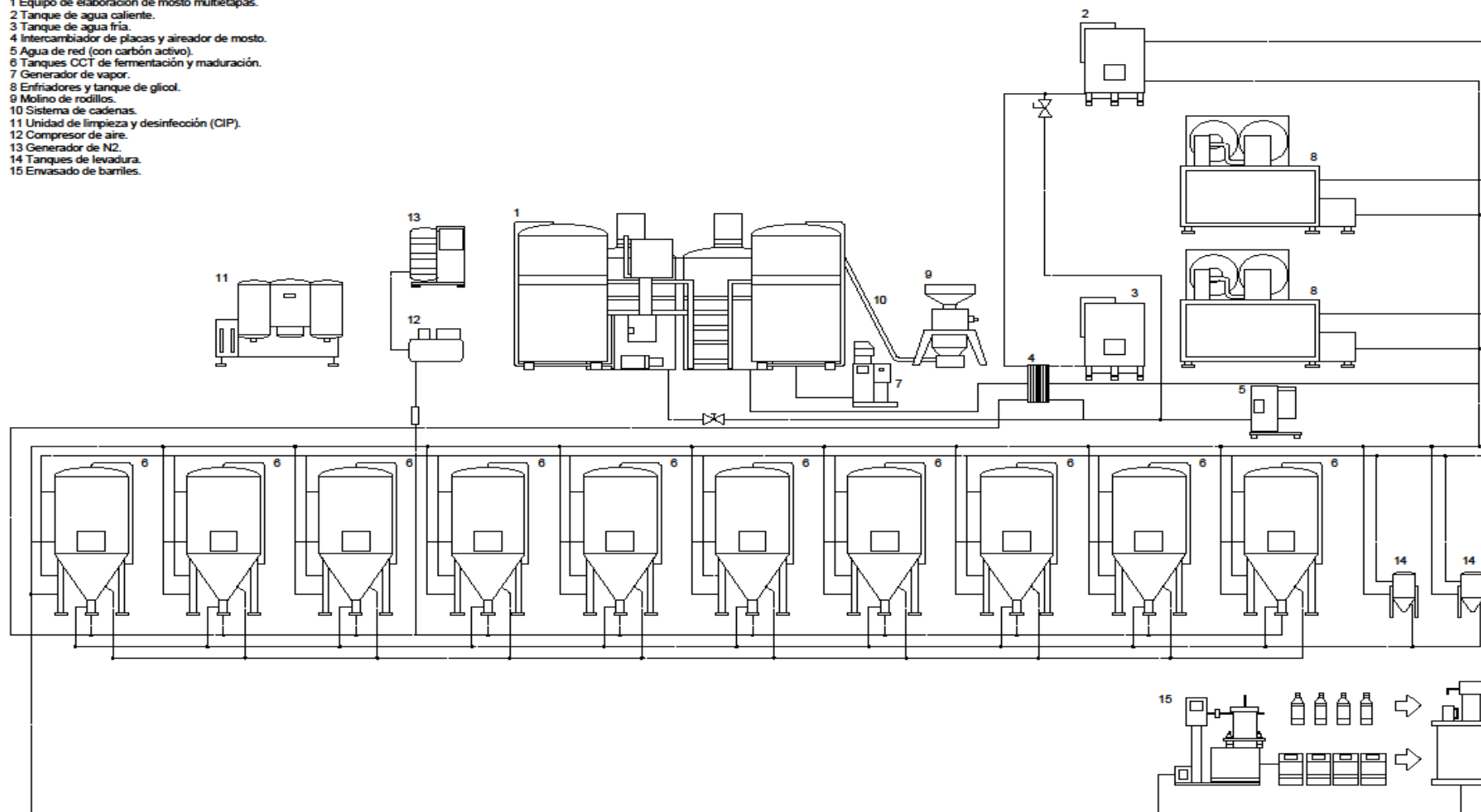
Autor: Hugo Aguirre Cano  
Tutor: Jose Fernando Vidal Barrero  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

0 1 5m. E: 1/150



## ANEXO IV. DIAGRAMA DEL PROCESO

- 1 Equipo de elaboración de mosto multietapas.
- 2 Tanque de agua caliente.
- 3 Tanque de agua fría.
- 4 Intercambiador de placas y aireador de mosto.
- 5 Agua de red (con carbón activo).
- 6 Tanques CCT de fermentación y maduración.
- 7 Generador de vapor.
- 8 Enfriadores y tanque de glicol.
- 9 Molino de rodillos.
- 10 Sistema de cadenas.
- 11 Unidad de limpieza y desinfección (CIP).
- 12 Compresor de aire.
- 13 Generador de N<sub>2</sub>.
- 14 Tanques de levadura.
- 15 Envasado de barriles.



# ANEXO V. PRESUPUESTO

| CUENTA DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS                                     |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |              |
|--------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| OPERACIONES CONTINUADAS                                            | 2019        | 2020        | 2021        | 2022        | 2023        | 2024 (100%) | 2025        | 2026        | 2027        | 2028        | 2029        | 2030        | 2031        | 2032        | 2033         |
| 1. Importe neto de la cifra de negocios                            | 1.146.960 € | 1.376.352 € | 1.605.744 € | 1.835.136 € | 2.064.528 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 € | 2.293.920 €  |
| 2. Aprovisionamientos                                              | 311.963 €   | 374.355 €   | 436.748 €   | 499.140 €   | 561.533 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €   | 623.925 €    |
| 3. Otros ingresos de explotación                                   | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €         | 0 €          |
| 4. Gastos de personal                                              | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €   | 264.600 €    |
| a) Sueldos, salarios y asimilados                                  | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €   | 196.000 €    |
| b) Cargas sociales                                                 | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €    | 68.600 €     |
| 5. Otros gastos de explotación                                     | 159.482 €   | 170.903 €   | 182.384 €   | 193.927 €   | 205.533 €   | 217.205 €   | 219.511 €   | 221.887 €   | 224.334 €   | 226.854 €   | 229.451 €   | 232.124 €   | 234.879 €   | 237.715 €   | 240.637 €    |
| 6. Amortización del inmovilizado                                   | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €    | 85.234 €     |
| <b>RESULTADO DE EXPLOTACIÓN</b>                                    | 325.682 €   | 481.260 €   | 636.778 €   | 792.235 €   | 947.628 €   | 1.102.956 € | 1.100.650 € | 1.098.274 € | 1.095.827 € | 1.093.306 € | 1.090.710 € | 1.088.037 € | 1.085.282 € | 1.082.446 € | 1.079.524 €  |
| 7. Gastos financieros                                              | 41.205 €    | 35.016 €    | 32.966 €    | 30.856 €    | 28.681 €    | 26.442 €    | 24.135 €    | 21.760 €    | 19.313 €    | 16.792 €    | 14.196 €    | 11.522 €    | 8.768 €     | 5.931 €     | 3.010 €      |
| <b>RESULTADO FINANCIERO</b>                                        | -41.205 €   | -35.016 €   | -32.966 €   | -30.856 €   | -28.681 €   | -26.442 €   | -24.135 €   | -21.760 €   | -19.313 €   | -16.792 €   | -14.196 €   | -11.522 €   | -8.768 €    | -5.931 €    | -3.010 €     |
| <b>RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS</b>                                | 284.477 €   | 446.244 €   | 603.812 €   | 761.379 €   | 918.947 €   | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 € | 1.076.514 €  |
| 8. Impuestos sobre beneficios                                      | -71.119 €   | -111.561 €  | -150.953 €  | -190.345 €  | -229.737 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €  | -269.129 €   |
| <b>RESULTADO DEL PERIODO PROCEDENTE DE OPERACIONES CONTINUADAS</b> | 213.357 €   | 334.683 €   | 452.859 €   | 571.034 €   | 689.210 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €    |
| <b>RESULTADO DEL PERIODO</b>                                       | 213.357 €   | 334.683 €   | 452.859 €   | 571.034 €   | 689.210 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €   | 807.386 €    |
| <b>RESULTADO NETO ACUMULADO</b>                                    | 213.357 €   | 548.040 €   | 1.000.899 € | 1.571.934 € | 2.261.144 € | 3.068.529 € | 3.875.915 € | 4.683.301 € | 5.490.686 € | 6.298.072 € | 7.105.457 € | 7.912.843 € | 8.720.229 € | 9.527.614 € | 10.335.000 € |