



Universidad
de La Laguna

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Civil e Industrial

Grado en Ingeniería Química Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

DISEÑO DE UNA INDUSTRIA MICROCERVECERA

Autor: Alfredo Martín Candelario

Tutor: Luis A. González Mendoza

Julio 2015

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado titulado “Diseño de una industria microcervecera” se ha realizado para la finalización de los estudios de Grado en Ingeniería Química Industrial de la Universidad de La Laguna.

La elección de este trabajo ha sido motivada por un interés particular por todo lo relacionado con las industrias agroalimentarias y en particular la de elaboración de cerveza, interés que he convertido en afición como elaborador artesanal de cerveza.

Mi primer contacto con esta materia tuvo lugar en la asignatura de Industrias Agroalimentarias en el plan de estudios de la titulación de Ingeniero Químico, impartida por el profesor y tutor de este proyecto D. Luis Antonio González Mendoza. En dicha asignatura tuve la oportunidad de conocer el proceso y los equipos para producción de cerveza a nivel industrial. Posteriormente indagué sobre dichos aspectos a nivel artesanal que me sirvieron para poder elaborar cerveza a dicha escala doméstica.

Desde hace varios años la producción de cerveza en pequeñas industrias ha aumentado considerablemente, estableciéndose como un término medio entre la cerveza producida en grandes fábricas, con características muy homogéneas, y la que se produce a escala doméstica, que posee un grado de personalización elevado en cuanto a estilos. Esto se ha traducido en la aparición de numerosas microcervecías que intentan ofrecer un producto diferenciado de la cerveza de las grandes multinacionales del sector.

Bajo mi punto de vista, el modelo de negocio de éxito en el ámbito de las microcervecías consiste en establecer la industria vinculada a un negocio de restauración, ya que permite marcar un carácter diferenciado en cuanto al aspecto gastronómico y a su vez permite obtener mayores márgenes en la cerveza vendida incluso manteniendo precios competitivos respecto a la cerveza comercial, ya que uno de los aspectos negativos de la cerveza elaborada en microcervecías, que limita la entrada de nuevos clientes potenciales, es su elevado precio de venta al público por la existencia del distribuidor.

ABSTRACT

This Final Project titled "Design of a microbrewery industry" has been made for the completion of the Degree in Industrial Chemical Engineering at Universidad of La Laguna.

The choice of this design work has been motivated by a particular interest in everything related to food industries and in particular brewing, interest that I have become a hobby as a home brewer.

My first contact with this matter took place in the subject of Food Industries in the curriculum of the Chemical Engineering degree, taught by the teacher and director of this project D. Luis Antonio González Mendoza. On that subject I was able to learn the process and equipment for beer production at industrial level. Later I inquired on these aspects at the hand made level that helped me to brew to such domestic scale.

For several years, the production of beer in small industries has greatly increased, establishing himself as a compromise between the beer produced in large factories, with very similar characteristics, and other produced on a domestic scale, which has a high degree of customization of styles. This has resulted in the emergence of numerous microbreweries that try to offer a differentiated beer from those produced by multinational companies. From my point of view, the business model of success in the field of microbreweries is to link a restaurant business to the industry because it allows marking a distinct culinary character and in turn allows higher margins in the beer sold even maintaining competitive prices compared to commercial beer as one of the negative aspects of the beer produced in microbreweries, which limits the entry of new potential customers, is its high price because of distributor existence.

INDICE GENERAL

I. Memoria

II. Planos

III. Presupuesto

IV. Pliego de condiciones

I. MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO.....	5
2. ALCANCE.....	5
3. ANTECEDENTES.....	5
4. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	6
5. LOCALIZACIÓN.....	7
6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	7
6.1 ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS.....	7
6.2 ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO Y ZONA DE GUARDA.....	8
6.3 SALA DE ELABORACIÓN Y ENVASADO.....	8
6.4 SALA DE FERMENTACIÓN.....	8
6.5 LABORATORIO.....	8
6.6 ADMINISTRACIÓN.....	9
6.7 ASEOS Y VESTUARIO.....	9
6.8 SALA DE DEGUSTACIÓN.....	9
7. MATERIAS PRIMAS.....	10
7.1 AGUA.....	10
7.2 MALTA.....	10
7.2.1 MALTA PALE ALE.....	11
7.2.2 MALTA DE TRIGO.....	11
7.2.3 MALTA CARAPILS.....	12
7.2.4 MALTA CRYSTAL.....	12
7.2.5 MALTA ÁMBAR.....	13
7.3 LÚPULO.....	13
7.4 LEVADURA.....	17
8. PROCESO DE FABRICACIÓN	18
8.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA.....	18
8.2 MOLIENDA.....	18

8.3 MACERACIÓN.....	19
8.4 COCCIÓN.....	23
8.5 ENFRIAMIENTO.....	25
8.6 FERMENTACIÓN.....	25
8.7 PRIMING Y ENVASADO.....	27
9. CALCULOS.....	31
9.1 CÁLCULOS Y RESULTADOS PRELIMINARES DE PLANTA PILOTO.....	31
9.1.1 PLANTA PILOTO DE CERVEZA PALE ALE.....	31
9.1.2 PLANTA PILOTO DE CERVEZA TRIGO.....	36
9.2 CÁLCULO DE MATERIAS PRIMAS NECESARIAS PARA LA INDUSTRIA MICROCERVECERA.....	40
9.2.1 MATERIAS PRIMAS PARA CERVEZA PALE ALE.....	40
9.2.2 MATERIAS PRIMAS PARA CERVEZA TRIGO.....	42
9.3 CÁLCULO DE PRODUCCIÓN POR ESTILO Y FORMATO.....	44
9.3.1 PRODUCCIÓN DE CERVEZA PALE ALE.....	44
9.3.2 PRODUCCIÓN DE CERVEZA TRIGO.....	45
9.4 CÁLCULO DE CAPACIDAD Y NÚMERO FERMENTADORES....	46
9.5 CÁLCULO DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS.....	48
10. ESTUDIO ECONÓMICO DE LA ACTIVIDAD.....	49
10.1 COSTES DE INSTALACIÓN.....	49
10.2 COSTES TOTALES DE PRODUCCIÓN ANUAL.....	49
10.2.1 AGUA.....	50
10.2.2 ELECTRICIDAD.....	50
10.2.3 MALTA.....	50
10.2.4 LUPULO.....	51
10.2.5 LEVADURA.....	51
10.2.6 PERSONAL.....	51
10.2.7 EMBOTELLADO.....	52
10.2.8 OTROS CONCEPTOS.....	52
10.3 INGRESOS PREVISTOS POR VENTA DE PRODUCTO.....	52

10.4 VALOR ACTUAL NETO.....	53
10.5 TASA INTERNA DE RETORNO.....	54
11. BIBLIOGRAFÍA.....	54

1. OBJETO

El presente trabajo titulado “Diseño de una industria microcervecera” se enmarca dentro de la asignatura Trabajo Fin de Grado como síntesis de las competencias adquiridas en el ámbito de las tecnologías del Grado en Ingeniería Química Industrial.

2. ALCANCE

El trabajo contemplará todas aquellas especificaciones técnicas y balances de materia y energía de los equipos a utilizar para una producción y envasado de unos 4000 l/mes de cerveza estilo Pale Ale y Trigo

3. ANTECEDENTES

En los últimos años se ha experimentado un creciente interés del consumidor por productos agroalimentarios elaborados en pequeñas instalaciones debido a que se asocian a una mayor calidad y se valora positivamente la ejecución de procesos artesanales en la elaboración. Dicho fenómeno se ha traducido en la aparición de pequeñas industrias agroalimentarias para cubrir la demanda de dichos consumidores. Productos como el queso, la miel, e incluso el pan son claros ejemplos de la tendencia de que cada vez más consumidores apuestan por productos con un marcado carácter local, con producción limitada y diferenciados de aquellos producidos en grandes volúmenes y mediante procesos con mayor grado de automatización.

En el ámbito de la cerveza, en España, esta tendencia tiene su origen desde hace algo más de una década con la aparición de las primeras microcervecerías y *brewpubs*, consiguiendo una progresión de ventas similar a la observada en países con mayor recorrido en este sector.

4. DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

- Real Decreto 53/1995 de 20 enero, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para la elaboración, circulación y comercio de la cerveza y de la malta líquida.
- Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.
- Real Decreto 1245/2008, de 18 de julio, por el se modifica la norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios.
- Real Decreto 126/2015, de 27 de febrero, por el que se aprueba la norma general relativa a la información alimentaria de los alimentos que se presenten sin envasar para la venta al consumidor final y a las colectividades, de los envasados en los lugares de venta a petición del comprador, y de los envasados por los titulares de comercio al por menor.
- Real Decreto 1801/2008, de 3 de noviembre, por el que se establecen normas relativas a las cantidades nominales para productos envasados y al control de su contenido efectivo
- Real Decreto 703/1988, de 1 de julio, sobre botellas utilizadas como recipientes-medida.
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, sobre calidad del aire y protección de la atmósfera
- Ley 38/1992, de 28 de diciembre, de Impuestos Especiales.
- Real Decreto 1165/1995, de / de julio por el que se aprueba el Reglamento de los Impuestos Especiales

5. LOCALIZACIÓN

La industria microcervecera estará situada en el Camino Real esquina Calle Los Sabandeños del municipio de Tacoronte. La actividad se desarrollará en las instalaciones anexas a un local existente destinado a la actividad de restaurante, cuyo propietario actúa como promotor de la microcervecera con el motivo de cambiar el actual modelo de negocio del restaurante. El local donde se desarrollará la actividad de producción de cerveza cuenta con todas las instalaciones eléctricas, abastecimiento y saneamiento de aguas, ventilación y contraincendios preceptivas para la tramitación de licencia de apertura e inicio de la actividad descrita en el presente trabajo.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Se dispone de un local de forma rectangular de 315,60 m² construido con una fachada de 20,00 metros hacia el Camino Real y 15,78 metros de fondo. El interior del local se encuentra dividido por la existencia previa de una pequeña industria agroalimentaria destinada a la elaboración de pasteles, según los planos adjuntos, de modo que dicha división se usará para distribuir las diferentes dependencias de la industria microcervecera objeto del presente trabajo.

6.1 ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS

Situado en el extremo izquierdo de la fachada con acceso directo desde la calle mediante una puerta de garaje basculante con una puerta de paso insertada, tiene dimensiones de 7,00 m x 4,95 m y una superficie de 34,65 m². Tiene comunicación directa a través de un pasillo a la sala de elaboración y embotellado. También está comunicado con el almacén de producto terminado.

6.2 ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO Y ZONA DE GUARDA

Tiene forma rectangular de dimensiones de 3,70 m x 7,10 m y una superficie de 26,27 m². Servirá para almacenar el producto terminado tanto en botella como en barril, teniendo delimitadas las zonas destinadas a cada tipo de envase. Tiene acceso a través del almacén de materias primas como vía de salida para la expedición de productos para su distribución, y también desde la sala de elaboración y embotellado, para la guarda de productos.

6.3 SALA DE ELABORACIÓN Y EMBOTELLADO

Tiene forma irregular, con un perímetro de 48,35 m y una superficie de 110,85 m². Exceptuando la fermentación, en esta zona se realizarán todas las partes del proceso de elaboración, es decir, la molienda, la maceración, la cocción y el embotellado (llenado, chapado y etiquetado).

6.4 SALA DE FERMENTACIÓN

Tiene forma rectangular de dimensiones 4,90 m x 7,10 m y una superficie de 34,79 m². Se ha ubicado en una sala separada del resto del proceso para que la fermentación no se vea afectada por las labores realizadas en la sala de elaboración y embotellado, principalmente para conseguir temperaturas estables, evitar la transmisión de vibraciones a los fermentadores y conseguir unas condiciones de ventilación controlada. El acceso a la sala de fermentación se realiza desde la sala de elaboración y envasado a través de una puerta de dos hojas.

6.5 LABORATORIO

Tiene forma rectangular de dimensiones 2,50 m x 3,90 m y una superficie de 9,75 m² y

tiene acceso desde la sala de elaboración y embotellado. Sus paramentos verticales que lo separan de la sala de elaboración y embotellado son de carpintería de aluminio acristalada de reciente instalación debido al cambio de actividad en el local. En el laboratorio se realizarán los diferentes ensayos necesarios para el control del proceso y caracterización del mosto y la cerveza terminada. Desde el laboratorio se tiene contacto visual con toda la sala de elaboración y embotellado.

6.6 ADMINISTRACIÓN

Tiene forma cuadrada con 5,70 m de lado una superficie de 32,79 m². En esta zona se realizarán las tareas administrativas necesarias para el desarrollo de la actividad.

6.7 ASEOS Y VESTUARIO

Tiene una superficie total de 15,68 m²., estando subdividida en la zona de lavabo que da acceso a las zonas de aseo y vestuario. Tiene acceso a través de la sala de elaboración y embotellado. Su uso será exclusivo para empleados.

6.8 SALA DE DEGUSTACIÓN

Tiene forma rectangular de 5,85 m x 5,70 m y una superficie de 33,35 m². Tiene acceso directo desde la calle y se usará como zona de recepción y degustación para los clientes que deseen visitar las instalaciones. También está comunicada con el restaurante anexo como acceso de los clientes del restaurante que quieran acceder sin necesidad de salir a la calle.

7. MATERIAS PRIMAS

7.1 AGUA

El agua representa una parte muy importante en peso de la cerveza terminada, por lo que los minerales disueltos en ella tendrán efectos sobre su perfil sensorial y a su vez tendrán efectos sobre las reacciones que tienen lugar durante la maceración. Además, las características del agua y de la malta darán como resultado una mezcla cuyo pH se debe mantener en el rango 5,1-5,5 durante la maceración para que las enzimas hagan un trabajo satisfactorio. Por tanto se debe tener en cuenta que las maltas oscuras son más ácidas que las claras y en función del pH obtenido realiza la corrección correspondiente. En general, tendremos cantidades importantes de calcio en el agua. El calcio reacciona con los fosfatos de la malta formando un precipitado de fosfato de calcio y generando iones H⁺, produciendo una reducción de pH. Por otro lado los carbonatos influyen de manera contraria, manteniendo el pH alto, por lo que interesa conocer la alcalinidad del agua que vamos a utilizar en la maceración.

El agua de proceso será tomada de la red de agua existente en el local anexo destinado a restauración, la cual posee un sistema de eliminación de cloro y descalcificación del agua de la red. Dicha agua tratada será caracterizada en laboratorio para determinar el ajuste necesario de los parámetros que intervienen en la elaboración de la cerveza.

7.2 MALTA

En el proceso de elaboración se usarán cereales malteados debido a que el proceso de malteado da lugar a la producción de enzimas necesarios para la extracción y conversión de almidón en azúcares fermentables. El proceso de malteado da lugar a la producción de diversos enzimas hidrolíticos, entre ellos la α -amilasa, bioglucanasas y peptidasas que conducen a la degradación enzimática de la hemicelulosa, β -glucano, péptidos y algo de almidón. La β -amilasa, presente en otras proteínas de la cebada no germinada, se libera durante el proceso de malteado. Si la malta es de buena calidad,

aportará suficiente carga enzimática como para facilitar la extracción y conversión de mezclas de maceración cuyo contenido puede llegar al 60-70% de otros cereales. Existe la posibilidad de uso de enzimas microbianos industriales que actúan como fuente enzimática para la maceración de cereales no malteados como cebada, trigo, arroz y maíz, o combinación de los mismos, con el objetivo principal de reducción de costes, pero que no serán utilizados en el proceso descrito en el presente trabajo, ya que solo se usarán cereales malteados.

7.2.1 MALTA PALE

Es una variante de las denominadas maltas pálidas. Este tipo de malta se seca lentamente sin necesidad de una alta temperatura, que se va aumentando poco a poco hasta llegar a los 80-85°C. Este calentamiento progresivo permite que las enzimas continúen realizando su función mientras que a temperaturas más altas resultarían inoperantes y la malta sería más oscura. Se usará este tipo de malta como malta base para los dos tipos de cerveza que se van a elaborar en las instalaciones. El consumo anual de Malta Pale teórico total es de unos 8.231,18 Kg, que corresponde con 330 sacos de 25Kg.



7.2.2 MALTA DE TRIGO

Los granos de trigo carecen de la capa dura de la cebada, haciéndolos más vulnerables durante el proceso de malteado. Aunque el trigo tiene enzimas suficientes para el proceso de fermentación se mezcla con la cebada para obtener una cerveza más transparente, ya que la carga proteica del trigo aporta turbidez a la cerveza. Además, la malta de trigo produce una

espuma más firme. En nuestro proceso este tipo de malta se usará exclusivamente en la elaboración del estilo Trigo, estimándose un consumo teórico anual de 3.120,00 Kg, que se corresponden con 125 sacos de 25 Kg.



7.2.3 MALTA CARAPILS

Este tipo de malta solo se usará para la elaboración del estilo Trigo. Su consumo teórico anual será de uso 374,40 Kg, que corresponden a 15 sacos de 25 Kg.



7.2.4 MALTA CRYSTAL

Este tipo de malta solo se usará para la elaboración del estilo Pale Ale. Su consumo teórico anual será de uso 479,86 Kg, que corresponden a 29 sacos de 25 Kg.



7.2.5 MALTA AMBAR

Este tipo de malta solo se usará para la elaboración del estilo Pale Ale. Su consumo teórico anual será de uso 274,56 Kg, que corresponden a 11 sacos de 25 Kg



7.3 LÚPULO

El concepto actual de cerveza no se entendería sin la adición de lúpulo al proceso de elaboración. A pesar de que se conocía su uso como aditivo desde la Edad Antigua, no fue hasta la Edad Media cuando se generalizó como ingrediente en la elaboración de cerveza debido a sus propiedades antisépticas que prolongaban el periodo de consumo de la misma en condiciones de salubridad .

Actualmente se conoce más profundamente la aportación del lúpulo en la cerveza, por lo que su uso se justifica en la medida que:

- Favorece la precipitación de proteínas de la malta debido a la reacción de los polifenoles del lúpulo, por lo que actúa como clarificante.
- Interviene en la formación y retención de espuma, aspecto considerado de importancia en el impacto sensorial de la cerveza, principalmente en su fase visual y gustativa, por lo que una misma carbonatación puede dar lugar a resultados diferentes en dicho aspecto. Por lo tanto, la combinación de dichos factores debe dar lugar a una espuma acorde con el estilo de cerveza elaborado, pero en términos generales el consumidor aprecia como indicadores de calidad un tamaño de burbuja

pequeño y una reducción de espuma a la mitad del volumen en menos de un minuto desde su formación.

- Propicia un mayor tiempo de conservación debido a sus propiedades antisépticas.
- Aporta amargor a la cerveza, característica que en mayor o menor medida debe tener el producto, y que desde el punto de vista organoléptico definirá el equilibrio con el dulzor de la malta.

Las sustancias de interés que componen el lúpulo y que van a determinar las características organolépticas de la cerveza son las siguiente:

- **Resinas**: constituyen el 10-20% del lúpulo, pero dentro de ellas sólo nos interesan los alfa-ácidos y los beta-ácidos:
 - **Alfa-ácidos**: se consideran como la resinas más importantes. Compuesta principalmente por humulona, cohumulona y adhumulona, que a temperatura ambiente son insolubles y no aportan amargor, pero a la temperatura de cocción del mosto se isomerizan y se convierten en iso-humulona, iso-cohumulona e iso-adhumulona. Es muy importante conocer el porcentaje de alfa-ácidos contenido en el lúpulo que vamos a usar para la elaboración ya que necesitamos su valor para calcular las unidades internacionales de amargor IBU (International Bittering Units), definido una unidad IBU como un miligramo de iso-alfa-ácidos en un litro de mosto o cerveza.
 - **Beta-ácidos**: constituidos principalmente por lupulona, colupulona y adlupulona, también adoptan la forma iso a la temperatura de cocción, pero su aportación al amargor es bastante más reducida que la de los iso-alfa-acidos, por lo que no se tienen en cuenta en el cálculo de unidades IBU.
- **Aceites**: su composición media se sitúa en el rango de 0,2-0,5%. Dentro de su composición destacan los terpenos o isoprenoides, más

concretamente el humuleno, cariofileno, mirceno y farneseno. Su alta volatilidad junto a la alta temperatura de cocción hace que solo un 10% de dichos compuestos permanezcan en la cerveza terminada una vez terminado todo el proceso, pudiendo aportar aromas herbáceos, florales, afrutados, cítricos y especiados.

- **Taninos o polifenoles**: constituyen un 2-5% del lúpulo, cantidad suficiente para reaccionar con las proteínas del mosto e insolubilizarlas, favoreciendo su separación por filtración o por sedimentación

Los lúpulos que se usarán para la elaboración son los siguientes:

1. Hallertauer: su nombre proviene de la zona de Baviera que más lúpulo produce, Hallertauer. Se caracteriza por su equilibrio entre alfa ácidos y beta ácidos, su alto aroma frente a su bajo amargor, intensidad media en notas cítricas y florales ligeramente especiadas. Debido a sus características se considera ideal para la elaboración de cervezas de Trigo. Se usará para la elaboración del estilo Trigo, con un consumo por partida de 577,63 g, y un gasto anual de 29,50 Kg.
2. Challenger: es un lúpulo polivalente que se puede usar para aportar amargor, sabor y aroma, por lo que es fácilmente combinable con otros tipos de lúpulo. Destaca por su aroma especiado y floral. Se usará para la elaboración del estilo Pale Ale, con un consumo por partida de 320,7 g, y un gasto anual de 16,68 Kg.
3. Cascade: creado en Estados Unidos mediante un cruce entre los tipos de lúpulo Fuggle y Serebrianker, es muy valorado por su cualidades aromáticas con notas florales, cítricas (pomelo), especiadas y afrutadas. Su nivel de alfa ácidos esta entre 6,0% y 6,5%. Se usará para la elaboración del estilo Pale Ale, con un consumo por partida de 206,20 g, y un gasto anual de 10,72 Kg.

4. Fuggles: procedente de Reino Unido y EE.UU., se caracteriza por ser suave y agradable, con aromas de fruta y hierbas. Su carga de alfa ácidos está entre el 4,0% y 4,5%. Se usará para la elaboración del estilo Pale, con un consumo por partida de 263,1 g, y un gasto anual de 13,68 Kg.

El amargor de la cerveza terminada debe ser acorde al estilo elaborado, por lo que se procederá a calcular el número de unidades IBU (International Bittering Units) del producto. Para calcular el número de IBU de la cerveza existen varios métodos. Para la estimación de unidades IBU en la fase de experiencia piloto se ha optado por el método simplificado presente en el correspondiente anexo de cálculo, debido a su carácter estimativo, pero a la hora de calcular las unidades IBU a la escala de presente trabajo se ha optado por usar el método de Tinseth debido a que da un resultado situado en el término medio entre los métodos conservadores y optimistas.

La fórmula para calcular las unidades IBU por el método de Tinseth tiene la siguiente forma como sumatorio de la aportación de cada uno de los lúpulos añadidos:

$$IBU = \Sigma (W \times U \times AA \times 1000 / V)$$

Donde:

W es la masa de lúpulo en gramos.

AA es el % de alfa-ácidos del lúpulo.

V es el volumen al finalizar la cocción

U es el factor de utilización

El factor de utilización depende de dos parámetros multiplicativos, BF (*Bigness Factor*) y BTF (*Boiling Time Factor*):

$$U = BF \times BTF$$

Estos parámetros se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$BF = 1,65 \times 0,000125^{(G/1000 - 1)}$$

$$BTF = (1 - e^{(-0,04 \times t)} / 4,15$$

$$G = 1000 \times ((OG/1000) - 1) \times (V / V_{pre\ boil}) + 1)$$

Donde,

t es el tiempo de cocción en minutos,

OG es el peso específico del mosto,

$V_{pre\ boil}$ es el volumen antes de la cocción.

7.4 LEVADURA

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación. Las diferencias existentes entre la estructura química de las capas exteriores de las células de la levadura son las responsables de que algunas cepas suban a la superficie hacia el final del proceso fermentativo. Estas levaduras denominadas altas contrastan con las bajas, que se hunden y tienden a depositarse en el fondo del fermentador.

En el proceso que nos ocupa se usarán levaduras secas liofilizadas de una cepa diferente para cada tipo de cerveza, ya que los subproductos originados en la fermentación de cada una de ellas conferirá al producto unas determinadas cualidades gustativas características del estilo correspondiente.

Para el caso de la elaboración del estilo Trigo se usará levadura Fermentis SafBrew WB-06, levadura especial seleccionada para fermentaciones de cervezas tipo trigo. Produce éster sutil y notas de sabor fenólico característico de las cervezas de trigo. Su rango de temperaturas de fermentación es de 12-25°C, pero su rango ideal es de 18-24°C. El fabricante recomienda una dosificación de 50 a 80 g/hl. Según el anexo de cálculo de materias primas, serán necesarios unos 209,9 g de levadura en cada ciclo de producción, lo que hace necesarios 15,13 kg anuales de dicho tipo de levadura.

Para la elaboración del estilo Pale Ale se usará levadura Fermentis SafAle S-04, levadura seleccionada para elaboración de Ales inglesas por su característica fermentación rápida y su capacidad de formar un sedimento compacto al final de la fermentación debido a su alta floculación, ayudando a mejorar la claridad de la cerveza. Es una levadura apta para gran variedad de tipos de cerveza y recomendable para

fermentación en tanques cilindro-cónicos. Su rango de temperaturas de fermentación es de 12-25°C, pero su rango ideal es de 15-20°C. El fabricante recomienda una dosificación de 50 a 80 g/hl. Según el anexo de cálculo de materias primas, serán necesarios unos 298,3 g de levadura en cada ciclo de producción, lo que hace necesarios 15,50 kg anuales de dicho tipo de levadura.

8. PROCESO DE FABRICACIÓN

8.1 RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

- Malta: se recibirá en sacos de 25 Kg que se almacenarán a temperatura ambiente en el almacén de materias primas. Los sacos se apilarán horizontalmente agrupados según el tipo de malta que contengan los mismo.
- Levadura: se recibirá en paquetes de 500g y se almacenará en el interior de un frigorífico a 9°C, situado en la zona de almacenamiento de materias primas.
- Lúpulo: se recibirá en paquetes de 5 kg y se almacenará en el interior de un frigorífico a 9°C, situado en la zona de almacenamiento de materias primas.

8.2 MOLIENDA

La molienda tiene el objetivo de la rotura del endospermo del grano para facilitar la liberación de sus enzimas y otros constituyentes celulares durante la fase de maceración. Para establecer el grado de molienda se debe tener en cuenta que se debe mantener la cáscara de los granos de malta lo más intacta posible, ya que actuará de lecho filtrante cuando procedamos a separar el grano de la fase líquida al finalizar la maceración, y por otro lado, una molienda demasiado severa producirá harina que dificultará la separación del mosto y creará problemas de turbidez en el producto final. En cambio, una molienda demasiado grosera dará como resultado partículas demasiado grandes que provocarán un reducción en el rendimiento.

En el ámbito de las microcervecías, un tamaño medio de partícula aceptable que

compensa el rendimiento con la facilidad de filtrado se considera de 1,15 mm, que difiere considerablemente de los valores considerados idóneos en las grandes industrias cerveceras donde la molienda se extrema a valores entre 0,15mm y 0,6mm debido a que poseen medios de filtración complementarios al lecho filtrante de cáscaras.

El proceso se iniciará con el pesado de la malta a utilizar para el proceso mediante el uso de la báscula situada en la zona de almacenamiento de materias primas. Una vez separada la malta para el proceso, se transportará en una carretilla a la zona de molienda.

Para la molienda de la malta usaremos un molino eléctrico de dos rodillos ajustables, alimentación trifásica 380 V, peso de 50 kg en vacío y una capacidad de molienda de 200 kg / h. El ajuste de rodillos permitirá modificar el tamaño de molido de la malta para ajustarlo a los parámetros que compensen una mayor extracción con una capacidad de filtración posterior aceptable. El molino estará apoyado sobre unas patas de elevación para facilitar la carga superior y la recogida de grano molido por la parte inferior.



La malta molida se introducirá en cubos de plásticos de uso alimentario de 25 l con tapa, a la espera de su introducción en el tanque de maceración descrito en la siguiente etapa del proceso.

8.3 MACERACIÓN

Durante la maceración, las materias primas se extraen con agua, por lo que se solubilizan, hidrolizan enzimáticamente y extraen del cereal malteado los carbohidratos y otros nutrientes fundamentales para la fermentación, todo ello en un entorno de temperatura controlada. Existen diferentes procedimientos para realizar la maceración que dependen de la naturaleza del cereal utilizado, las propiedades de los enzimas a determinada temperatura, las características del producto deseado y la naturaleza y capacidad del equipo disponible. Como clasificación general tenemos los sistemas de infusión y los de decocción, cada uno de ellos configurado según la temperatura óptima de la α -amilasa, β -amilasa y β -glucanasa y según de las características de la malta empleada, más concretamente su grado de modificación producido durante el malteado. Dentro del método de infusión podemos encontrarnos con el sistema de infusión simple e infusión escalonada. En la infusión simple se produce un solo estacionamiento a la temperatura óptima de acción de la β -amilasa para favorecer su actividad sacarogénica por lo que se mantiene la mezcla de agua y malta a una temperatura constante de 62-68°C para permitir la acción enzimática y la extracción del mosto. Es aplicable sobre todo a malta de cebada de dos carreras, con niveles bajos de proteínas y bien modificadas. Normalmente se elige la temperatura de maceración de 65°C. En el rango de temperaturas de 62-65°C se obtendrá un mosto más fermentable que producirá una cerveza más seca y ligera de cuerpo. En cambio, entre 65-68°C aumentará la extracción de dextrinas, ya que nos acercamos a la temperatura óptima de la α -amilasa y dará lugar a una cerveza con más perfil sensorial de malta y menos cuerpo. Para la infusión simple se toma como tiempo de estacionamiento entre una hora y una hora y media, estando la finalización determinada por el resultado del ensayo con tintura de yodo.

Respecto a la infusión escalonada tiene su origen en la elaboración de cervezas a partir de malta poco modificada. Consta de cuatro etapas o descansos, cada uno de ellos con una finalidad diferente, pero debido a la mejora en las características de la malta comercial actual, en la práctica lo más habitual es realizar tres descansos de media hora, un primero a la temperatura óptima de las proteasas en el margen 40-60°C (normalmente 50°C) para la degradación de proteínas, un segundo estacionamiento en el

margen de temperatura ya citado de acción de la β -amilasa (62-68°C) y un tercero a la temperatura óptima para la α -amilasa (72-75°C). Todo el proceso de maceración se concluirá con un pequeño estacionamiento de 5 minutos a 78°C denominado Mash Out, que producirá la desnaturalización de las enzimas.

En cambio el método de decocción se basa en alcanzar la temperatura de los descansos citados extrayendo parte del macerado, llevándolo a ebullición y devolviéndolo al macerado, subiendo así la temperatura hasta el siguiente descanso. La finalidad principal es realizar una mayor extracción de las sustancias contenidas en la malta, pero plantea una serie de desventajas de tipo operativo que hacen que se alargue el proceso de maceración.

El procedimiento elegido para la maceración será la infusión escalonada.

El equipo seleccionado para realizar la maceración será un macerador-cocedor eléctrico Speidels Braumeister 500 litros, caracterizado principalmente por el uso del mismo recipiente como macerador y cocedor, por la facilidad de filtración y retirada del grano macerado debido a que éste está contenido en un cilindro de acero perforado y por su requerimiento reducido de superficie.



Sus características principales son:

- Peso: 380 kg en vacío.
- Medidas: L 253cm x A 130 cm x H 277 cm
- Potencia de calentamiento: 6x3000W
- Potencia total máxima: 18,4 kW
- Camisa de enfriamiento de 1,8 m² de superficie de intercambio.
- Capacidad máxima de elaboración de 500 litros de cerveza terminada
- Capacidad máxima de malta: 120 kg
- Control automático de temperatura.
- Grúa de elevación de cilindro perforado de malta.

Dicho equipo posee un sistema de control automático en el cual se consignarán las temperaturas y tiempo de maceración, siguiendo los pasos del manual del equipo, por lo que reduce las necesidades de presencia de personal durante el proceso de maceración, pudiendo compatibilizar por tanto dicho con tareas de limpieza de equipos, embotellado, etc. Se ha elegido este equipo frente a otros existentes en el mercado debido a que la calefacción eléctrica combinado con el sistema de control automático, que frente a los equipos de gas, hace que su manejo sea muy sencillo para alcanzar resultados satisfactorios, requisito indispensable para el promotor de la instalación, ya que pretende que sea el propio personal del restaurante el responsable de la elaboración de la cerveza, previa formación al respecto. Previamente a la maceración se debe limpiar la cuba y demás elementos que van a estar en contacto con el macerado. A continuación se realizará la carga de agua y se ajustarán sus características, principalmente pH y dureza. Una vez hecho esto se añadirá la malta molida en el depósito perforado y se procederá a arrancar el proceso definido.

Al finalizar la infusión escalonada el equipo emitirá una señal acústica, por lo que se procederá a ejecutar el proceso de filtración y lavado del grano con los litros de agua necesarios a 78°C, que implica elevar el depósito perforado de malta y su posterior eliminación del proceso como residuo.

8.4 COCCIÓN

Con la cocción del mosto obtenido durante la maceración vamos a conseguir:

- Detener la actividad enzimática.
- Esterilizar el mosto.
- Coagular proteínas y taninos.
- Precipitación intensa del fosfato cálcico, y por tanto caída del pH.
- Destilar productos volátiles indeseados.
- Concentrar el mosto por evaporación del agua.
- Modificar el color por caramelización de azúcares, formación de melanoidina y oxidación de taninos

Al iniciar automáticamente el proceso de cocción se establece una temperatura de consigna de 100°C y un tiempo de cocción de entre 60 y 90 minutos, durante los cuales se añadirán las diferentes cantidades de lúpulo de amargor, sabor y aroma, según el siguiente desglose para cada tipo de cerveza, siendo los tiempos indicados el tiempo restante para la finalización de la cocción.

Cerveza Pale Ale

Tiempo	Tipo de lúpulo	Cantidad g
60'	Challenger	319,43 g
30'	Cascade	207,35 g
5'	Fuggles	263,39 g

Cerveza Trigo

Tiempo	Tipo de lúpulo	Cantidad g
--------	----------------	------------

60'	Hallertauer	184,93 g
30'	Hallertauer	277,40 g
5'	Hallertauer	92,47 g

8.5 ENFRIAMIENTO

Una vez finalizada la cocción comenzará el programa de enfriamiento, de modo que se conectará la camisa de refrigeración a los depósitos de agua glicolada que será previamente enfriada y almacenada por el equipo de frío.

Se instalará un equipo de frío de 8600 frig/h en la parte trasera del local, con alimentación trifásica 380V/50Hz, consumo eléctrico de 3,7 kW, dos ventiladores, velocidad de giro de ventilador 850 rpm, potencia de ventilador 120W, ruido 56 dB, altura manométrica de salida de la bomba de 10 m y caudal de agua 1,7 m³/h.



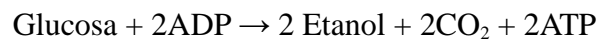
El equipo de frío estará conectado a dos depósitos de agua glicolada de 1000 litros de capacidad por unidad, termómetro de vaina, cuatro manguitos de conexión para equipo de frío y circuito de camisa, válvula inferior de drenaje y aislamiento exterior:



Los depósitos estarán situados lo más cerca posible del equipo de maceración-cocción para reducir las pérdidas de las tuberías de conexión con la camisa de refrigeración.

8.6 FERMENTACIÓN

En la fermentación el etanol se produce en la ruta de Embden-Meyerhof- Parnas (EMP), en la cual el piruvato producido durante la glicosilación se convierte en acetaldehído y etanol, siendo la reacción global:



El rendimiento teórico de 1g de glucosa es de 0,51 g de etanol y 0,49 g de CO₂, pero en la práctica, aproximadamente el 10% de la glucosa se transforma en biomasa y el rendimiento en etanol y CO₂ es del 90% del valor teórico. El ATP formado es usado en las necesidades energéticas de la célula.

En la fermentación las levaduras utilizadas utilizarán los azúcares sacarosa, glucosa, maltosa y maltotriosa en este orden. La sacarosa es hidrolizada en primer lugar por la invertasa localizada en el espacio periplasmático extracelular. La maltosa y la maltotriosa son hidrolizadas intracelularmente por la α -glucosidasa. Todas las levaduras *Saccharomyces* son incapaces de hidrolizar almidón y las dextrinas, sin la acción de la α - y β -amilasa durante el proceso de maceración.

El mosto de cerveza producido contiene 19 aminoácidos además de otros nutrientes. Estos aminoácidos son asimilados a diferentes velocidades durante la fermentación.

Debe controlarse la fermentación de modo que se cumplan las condiciones para que se asimilen todos los carbohidratos y otros nutrientes para convertirlos en alcohol y

compuestos aromáticos característicos, y por otro lado se reduzca la formación de aromas y sabores indeseables. Los compuestos que definen el aroma y sabor son principalmente otros alcoholes diferentes del etanol, ésteres, compuestos carbonílicos, ácidos orgánicos, compuestos azufrados, aminas y fenoles.

La inoculación de la levadura debe dar lugar a un recuento por término medio de 10^7 células por ml de mosto o mayor si se necesita aumentar la velocidad de fermentación. Como se ha indicado en apartados anteriores, se inocularán levaduras de fermentación alta que ascenderán a la superficie durante la fermentación empujadas por el flujo de CO_2 hacia la superficie, de modo que a medida que vaya concluyendo la fermentación caerán al fondo para ser separadas de la válvula situada en el fondo del fermentador cilindro-cónico.

Durante la fermentación el pH disminuirá en aproximadamente en una unidad a partir del valor inicial de 5,2 debido a la formación de diversos ácidos, principalmente ácido acético.

Los azúcares fermentables del mosto constituyen un 70-80% del total de azúcares, siendo el restante 20-30% correspondiente a carbohidratos residuales, generalmente dextrinas superiores no susceptibles de ser atacadas por las amilasas de la malta. Esto da como resultado que la concentración inicial en grados Plato de carbohidratos característica sea de 12°P (peso específico 1050) y se considere la fermentación finalizada cuando permanezca a 2-2,5°P (peso específico 1008-1010). Finalizada la fermentación, como se ha indicado anteriormente, se procederá a la retirada de las levaduras sedimentadas en el fondo del fermentador a través de la válvula situada en el fondo del mismo.

Los fermentadores estarán dispuestos en la sala de fermentación. Según los cálculos realizados, se instalarán 4 fermentadores cilindrocónicos construidos en acero inoxidable con las siguientes características:

- 600 l de capacidad.
- dimensiones de 910 mm de diámetro por 2250 mm de altura.
- boca de hombre superior.
- termómetro lateral.



8.7 PRIMING Y ENVASADO

Una vez eliminadas las levaduras sedimentadas tendremos cerveza con una carbonatación residual muy baja, por lo que se debe realizar el denominado *priming* durante el proceso de embotellado, para así conseguir una cerveza con la carbonatación habitual de este producto. A escala industrial la carbonatación final se realiza mediante inyección de CO₂, por lo que el embotellado y taponado se debe realizar en equipos isobáricos, lo que elevaría el coste de equipos si lo aplicamos. El priming consiste básicamente en aportar los azúcares necesarios para la reactivación de las levaduras no sedimentadas presentes en la cerveza, por lo que se producirá una nueva fermentación en el envase cerrado que dará como resultado la carbonatación de la cerveza terminada. Una vez realizado el priming en el fermentador y homogeneizada la mezcla. El llenado de botellas se realizará con una llenadora semiautomática con las siguientes características:

- 6 bocas.
- Fabricada en acero inoxidable AISI 304.

- Bomba de llenado.
- Bandeja sujeta botellas regulable en altura
- Capacidad hasta 530 l/h.
- Ruedas de transporte
- Diámetro de caños de 14 mm.



A continuación se muestra la imagen y las características de las botellas elegidas para cada formato:

Botella de 330ml: color vidrio-topacio, peso 250 g , diámetro 61,90mm y altura 226 mm.



Botella de 750ml: color vidrio-verde, peso 800 g, diámetro 88 mm y altura 300 mm.



Una vez llenas las botellas pasarán a la zona anexa de taponado, donde las botellas de 33cl se cerrarán con chapa corona de 26mm y las botellas de 75cl se cerrarán con chapa corona de 29mm. Se usará una chapadora neumática con las siguientes características:

- Capacidad de 600 botellas/h.
- Altura mínima de botella de 220mm y máxima de 420mm.
- Diámetro máximo de botella de 100mm
- Dimensiones 29cmx22cmx60cm.



Una vez cerradas las botellas con la chapa corona se pasarán manualmente a la etiquetadora de frontal y reverso, que tiene las siguientes características:

- Semiautomática.
- Sensor on/off.
- Sensor de detección de etiquetas.
- Capacidad 500-900 botellas/h.
- Potencia 0,2kW.
- Alimentación monofásica 230V
- Peso 45kg.



Una vez realizado el proceso de embotellado, el producto obtenido pasará al almacén de guarda donde permanecerá un mínimo de quince días hasta que pueda ser puesto a la venta.

Respecto al embarrillado se usarán barriles europeos de 30 l, con 365 mm de altura y 408 mm de diámetro, que seguirán el mismo periodo de guarda.

9. CÁLCULOS

9.1 CÁLCULOS Y RESULTADOS PRELIMINARES DE PLANTA PILOTO.

A la hora de abordar el diseño de la industria microcervecera se realizaron experiencias piloto con ambas recetas de las cervezas tipo Trigo y Pale Ale con la finalidad de obtener relaciones que nos permitieran dimensionar la instalación a la escala del presente trabajo.

9.1.1 PLANTA PILOTO DE CERVEZA PALE ALE

Se dispuso de un depósito de maceración de 70 litros calentado por un quemador de gas donde se realizó la maceración de 50 litros de agua con 12,5 kg totales de malta molida, es decir, una relación kg de malta : litros de agua de 1:4, según el siguiente desglose:

- 88% Malta Pale (70% de extracto) : $12,5 \text{ kg totales} \times 88/100 = 11,00 \text{ kg de malta pale}$
- 8% Malta Crystal; $12,5 \text{ kg totales} \times 8/100 = 0,96 \text{ kg de malta crystal}$
- 4% Malta Ámbar: $12,5 \text{ kg totales} \times 4/100 = 0,54 \text{ kg de malta ámbar}$

Al realizar el empaste la mezcla tuvo un volumen total de 58,50 litros, muy cercano al valor teórico de 58,4 litros:

$$\begin{aligned}\text{Vol. teórico} &= \text{Vol. agua} + \text{Vol. malta} = 50 \text{ l} + (12,5 \text{ kg malta} \times 0,67 \text{ l / kg malta}) = \\ &= 50 \text{ l} + 8,4 \text{ l} = 58,4 \text{ l}\end{aligned}$$

Se realizó la maceración escalonada de acuerdo con el proceso descrito en la memoria y una vez terminada se procedió a separar los granos y se realizó el lavado del mismo para recuperación de extracto empleando el volumen de agua necesario para alcanzar el volumen

del empaste.

El mosto se pasó por gravedad al depósito de cocción donde se fue añadiendo el lúpulo en pellets según el siguiente desglose:

- Lúpulo de amargor a 60': 33,3 gramos de Challenger con 7% de alfa-ácidos.
- Lúpulo de sabor a 30': 21,6 gramos de Cascade con 6% de alfa-ácidos.
- Lúpulo de aroma a 5': 27,4 gramos de Fuggles con 4,5% de alfa-ácidos.

Por tanto podemos calcular la relación $g_{\text{lúpulo}} / l_{\text{macerado}}$ para cada lúpulo que nos servirá para realizar el cálculo de las necesidades de lúpulo en la escala de la industria microcervecera proyectada:

- Lúpulo de amargor Challenger $33,3 \text{ g} / 58,5 \text{ l} = 0,57 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / l_{\text{macerado}}$
- Lúpulo de sabor Cascade $21,6 \text{ g} / 58,5 \text{ l} = 0,37 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / l_{\text{macerado}}$
- Lúpulo de aroma Fuggles $27,4 \text{ g} / 58,5 \text{ l} = 0,47 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / l_{\text{macerado}}$

Una vez finalizada la cocción, el volumen del mosto fue de 51 litros, que se enfrió a 24°C introduciendo en el depósito de cocción un serpentín con circulación de agua fría, se tomó una muestra para obtener la densidad y se paso el mosto a un fermentador de acero inoxidable de 60 litros de capacidad. El volumen de mosto obtenido fue de 51 litros y su densidad medida por el densímetro a 20°C fue de $12,5 \text{ gr}_{\text{extracto}} / \text{gr}_{\text{mosto}}$ (peso específico 1050) Por tanto la evaporación de mosto durante la cocción fue:

$$\text{Vol. evap} = \text{Vol. inicial} - \text{Vol. final} = 58,5 \text{ l} - 51 \text{ l} = 7,5 \text{ l}$$

que representa una porcentaje de merma de mosto de:

$$\% \text{Evap} = 100 \times 7,5 / 58,5 = 12,8\%$$

Con estos datos obtenemos el rendimiento de extracto:

$$E_{\text{teórico total}} = \sum E_{\text{teórico individual}} = M_{\text{malta pale}} \times R_{\text{malta pale}} + M_{\text{malta crystal}} \times R_{\text{malta crystal}} + M_{\text{malta ámba}} \times R_{\text{malta ámba}}$$

donde,

E es la masa de extracto en kg

M es la masa de malta empleada en kg

R es la relación de extracto de la malta empleada en $\text{kg}_{\text{extracto}}/\text{kg}_{\text{malta}}$

Los datos de extracto en molienda fina suministrados por el fabricante de la malta son los siguientes:

- Malta Pale: 80%
- Malta Crystal: 74%
- Malta Ámbar: 80%

Por tanto el extracto teórico será:

$$E_{\text{teórico máx}} = 11,0 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 80 \text{ kg}_{\text{extracto}}/100 \text{ kg}_{\text{malta}} + 0,96 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 74 \text{ kg}_{\text{malta}}/100 + \\ + 0,54 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 80 \text{ kg}_{\text{extracto}}/100 \text{ kg}_{\text{malta}}$$

$$E_{\text{teórico máx}} = 9,94 \text{ kg}_{\text{extracto}}$$

Por otro lado el extracto real del mosto se obtiene a partir de la densidad del mosto al finalizar la cocción y la densidad del extracto seco y del agua:

$$12,5 \text{ kg}_{\text{extracto}} / 100 \text{ kg}_{\text{mosto}} = 12,5 \text{ kg}_{\text{extracto}} / (12,5 \text{ kg}_{\text{extracto}} + 87,5 \text{ kg}_{\text{agua}})$$

Por lo que el extracto real del mosto será

$$E_{\text{real total}} = 12,5 \text{ kg}_{\text{extracto}} / (12,5 \text{ kg}_{\text{extracto}} \times 1 \text{ l}/1,54 \text{ kg}_{\text{extracto}} + 87,5 \text{ kg}_{\text{agua}} \times 1,00 \text{ l}/\text{kg}_{\text{agua}}) \times 51 \text{ l}$$

$$E_{\text{real total}} = 5,97 \text{ kg}_{\text{extracto}}$$

Una vez obtenido el extracto máximo teórico y el real, obtenemos el rendimiento real:

$$\% \text{ Rendimiento} = 100 \times (E_{\text{real total}} / E_{\text{teórico máx}}) = 100 \times 5,97 \text{ kg}_{\text{extracto}} / 9,94 \text{ kg}_{\text{extracto}}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 60,06 \%$$

Una vez introducido el mosto en el fermentador se dejó decantar durante 30 minutos el turbio frío precipitado durante el enfriamiento y se eliminó por la válvula situada en la parte inferior del fermentador cilíndrico. El turbio frío eliminado tuvo un volumen de 3,1 litros, por lo que el volumen de mosto para fermentación fue de:

$$V_{\text{mosto fermentación}} = 51 - 3,1 = 47,9 \text{ litros}$$

que representa una porcentaje de merma por eliminación de turbio frío de:

$$\% \text{ turbio} = 100 \times 3,1 / 51 = 6,1\%$$

Una vez introducido el mosto en el fermentador se inoculó levadura Fermentis Safale S-04. Según la recomendación del fabricante, la dosificación debe estar entre 50 y 80 gr/100 l, por lo que se inoculan 65gr/100 l, es decir:

$$\text{Dosis}_{\text{lev}} = 47,9 \text{ l}_{\text{mosto}} \times (65 \text{ g}_{\text{lev}} / 100 \text{ l}_{\text{mosto}}) = 30,1 \text{ g}_{\text{lev}}$$

Transcurridos 5 días de fermentación la densidad quedó estabilizada en $3,0 \text{ g}_{\text{extracto}} / 100 \text{ g}_{\text{mosto}}$ (peso específico 1012) por lo que se eliminó la levadura por el fondo del fermentador y se obtuvo un volumen total de cerveza terminada de 43 litros. Con estos datos calculamos la atenuación aparente como disminución de la densidad másica del extracto seco:

$$\% \text{ Atenuación} = 100 \times (12,5 \text{ g}_{\text{extracto}} / \text{g}_{\text{mosto}} - 3,0 \text{ g}_{\text{extracto}} / \text{g}_{\text{mosto}}) / 12,5 \text{ g}_{\text{extracto}} / \text{g}_{\text{mosto}}$$

$$\% \text{ Atenuación} = 76,0\%$$

Estos resultados nos permiten establecer una relación entre el volumen del empaste y el volumen de cerveza obtenido, que nos servirá para calcular aproximadamente el volumen de producto que se espera obtener en la microcervecera objeto de este proyecto:

$$43 \text{ l}_{\text{cerveza}} / 58,5 \text{ l}_{\text{empaste}} = 0,735 \text{ l}_{\text{cerveza}} / \text{l}_{\text{empaste}}$$

Para conocer el grado alcohólico exacto de la cerveza terminada se debe disponer de medios analíticos más sofisticados de los que se carecen en esta escala de producción. El cálculo teórico tampoco es viable porque no tenemos caracterizado el mosto, por lo que desconocemos la composición y evolución de sustancias fermentables y otras compuestos generados durante la fermentación. En la industria cervecera se considera como valor aceptable considerar que una disminución de un 2% de extracto seco produce un 1% de alcohol en volumen, por lo que el grado alcohólico estimado será:

$$\% \text{Alcohol} = (12,5 - 3,5) / 2 = 4,50\% \text{ v/v de alcohol}$$

Para calcular las unidades IBU del producto obtenido en la planta piloto se uso el método simplificado, que nos dará una aproximación del amargor resultante para simplemente establecer si está dentro del rango de amargor del estilo Pale Ale. Dicho método simplificado aplica un factor de utilización a los alfa-ácidos introducidos en la cocción.

A partir de la cantidad de lúpulo añadido y el volumen final de cerveza obtenido calculamos el amargor de la cerveza en unidades IBU (International Bittering Units) definido como la cantidad de iso-alfa-ácidos en miligramos por litro de cerveza. Teniendo en cuenta como factor de utilización el valor típico del 20%, es decir, de cada 100 gr de alfa-ácidos introducidos sólo se han obtenido 20 gr de iso-alfa-ácidos durante la cocción.

$$\text{Amargor} = (\sum (M_{\text{lupulo}} \times \% \text{AA}_{\text{lupulo}}) / V_{\text{cerveza}}) \times 0,2$$

donde,

M_{lupulo} es la masa de lúpulo en gramos,

$\% \text{AA}_{\text{lupulo}}$ es el tanto por ciento en peso de alfa-ácidos del lúpulo

V_{mosto} es el volumen del mosto al finalizar la cocción

Sustituyendo,

$$\begin{aligned}
 \text{Amargor} &= [(33,3 \text{ g}_{\text{lupulo}} \times (7 \text{ g}_{\text{AA}} / 100 \text{ g}_{\text{lupulo}}) + \\
 &\quad + (21,6 \text{ g}_{\text{lupulo}} \times (6 \text{ g}_{\text{AA}} / 100 \text{ g}_{\text{lupulo}}) + \\
 &\quad + (33,3 \text{ g}_{\text{lupulo}} \times (7 \text{ g}_{\text{AA}} / 100 \text{ g}_{\text{lupulo}}))] \times (1000 \text{ mg}_{\text{AA}} / \text{g}_{\text{AA}}) \times (20 \text{ mg}_{\text{isoAA}} / 100 \text{ mg}_{\text{AA}}) / 51 \text{ l} \\
 \text{Amargor} &= 33,8 \text{ mg}_{\text{AA}} / \text{l} = 34 \text{ IBU}
 \end{aligned}$$

9.1.2 PLANTA PILOTO DE CERVEZA TRIGO

Se dispuso del mismo equipo de maceración y también se aplicó una relación malta:agua de 1:4, de acuerdo al siguiente desglose

- 44% Malta Pale : $12,5 \text{ kg totales} \times 44/100 = 5,50 \text{ kg de malta pale}$
- 50% Malta de trigo; $12,5 \text{ kg totales} \times 50/100 = 6,25 \text{ kg de malta de trigo}$
- 6% Malta Carapils: $12,5 \text{ kg totales} \times 4/100 = 0,75 \text{ kg de malta carapils}$

Al realizar el empaste la mezcla tuvo un volumen total de 58,0 litros, muy cercano al valor teórico de 58,38 litros:

$$\begin{aligned}
 \text{Vol. teórico} &= \text{Vol. agua} + \text{Vol. malta} = 50 \text{ l} + (12,5 \text{ kg malta} \times 0,67 \text{ l} / \text{kg malta}) = \\
 &= 50 \text{ l} + 8,4 \text{ l} = 58,4 \text{ l}
 \end{aligned}$$

Se realizó la maceración escalonada de acuerdo con el proceso descrito en la memoria y una vez terminada se procedió a separar los granos y se realizó el lavado del mismo para recuperación de extracto empleando el volumen de agua necesario para alcanzar el volumen del empaste.

El mosto se pasó por gravedad al depósito de cocción donde se añadieron 57,8 gramos de lúpulo Hallertauer con 7% de alfa-ácidos. en pellets según el siguiente desglose:

- Amargor: 1/3 del total a 60', es decir, 19,3 gramos.
- Sabor: 1/2 del total a 30', es decir, 9,6 gramos.
- Aroma: 1/6 del total a 5', es decir, 9,6 gramos.

Por tanto la relación $g_{\text{lúpulo}} / l_{\text{macerado}}$ para cada lúpulo es:

$$57,8 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / 58,5 \text{ l}_{\text{mosto}} = 0,99 \text{ g}_{\text{mosto}} / \text{l}_{\text{mosto}}$$

Una vez finalizada la cocción se enfrió el mosto a 24°C introduciendo en el depósito de cocción un serpentín con circulación de agua fría, se tomó una muestra para obtener la densidad y se paso el mosto a un fermentador de acero inoxidable de 60 litros de capacidad. El volumen de mosto obtenido fue de 50,5 litros y su densidad medida por el hidrómetro a 20°C fue de 1050. Por tanto la evaporación de mosto durante la cocción fue:

$$\text{Vol. evap} = \text{Vol. inicial} - \text{Vol. final} = 58,5 \text{ l} - 50,5 \text{ l} = 8 \text{ l}$$

que representa una porcentaje de merma de mosto de:

$$\% \text{Evap} = 100 \times 8 / 58,5 = 13,7\%$$

Con estos datos obtenemos el rendimiento de extracto partiendo de los datos de extracto suministrados por el fabricante de la malta:

- Malta Pale: 80%
- Malta de Trigo: 82%
- Malta Carapils: 77%

Por tanto el extracto teórico será:

$$\begin{aligned} E_{\text{teórico máx}} &= 5,50 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 80 \text{ kg}_{\text{extracto}} / 100 \text{ kg}_{\text{malta}} + 6,25 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 82 \text{ kg}_{\text{malta}} / 100 \text{ kg}_{\text{malta}} + \\ &+ 0,75 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 77 \text{ kg}_{\text{extracto}} / 100 \text{ kg}_{\text{malta}} \\ E_{\text{teórico máx}} &= 10,10 \text{ kg}_{\text{extracto}} \end{aligned}$$

Por otro lado el extracto real La densidad de 1048 equivale a 12,2% en peso de extractor seco,

es decir:

$$12,2 \text{ kg}_{\text{extracto}} / 100 \text{ kg}_{\text{mosto}} = 12,2 \text{ kg}_{\text{extracto}} / (12,2 \text{ kg}_{\text{extracto}} + 87,8 \text{ kg}_{\text{agua}})$$

Por lo que el extracto real del mosto será

$$E_{\text{real total}} = 12,2 \text{ kg}_{\text{extracto}} / (12,2 \text{ kg}_{\text{extracto}} \times 1 \text{ l} / 1,54 \text{ kg}_{\text{extracto}} + 87,8 \text{ kg}_{\text{agua}} \times 1,00 \text{ l} / \text{kg}_{\text{agua}}) \times 50,5 \text{ l}$$

$$E_{\text{real total}} = 6,44 \text{ kg}_{\text{extracto}}$$

Una vez obtenido el extracto máximo teórico y el real, obtenemos el rendimiento real:

$$\% \text{ Rendimiento} = 100 \times (E_{\text{real total}} / E_{\text{teórico máx}}) = 100 \times 6,44 \text{ kg}_{\text{extracto}} / 10,10 \text{ kg}_{\text{extracto}}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 63,8 \%$$

Tras la decantación en el fermentado, el turbio frío eliminado tuvo un volumen de 3,8 litros, por lo que el volumen de mosto para fermentación fue de:

$$V_{\text{mosto fermentación}} = 51 - 3,8 = 46,7 \text{ litros}$$

que representa una porcentaje de merma por eliminación de turbio frío de:

$$\% \text{ turbio} = 100 \times 3,8 / 51 = 7,45\%$$

Una vez introducido el mosto en el fermentador se inoculó levadura Fermentis Safbrew UB-60. Según la recomendación del fabricante, la dosificación debe estar entre 50 y 80 gr/100 l, por lo que se inoculan 65gr/100 l, es decir:

$$\text{Dosis}_{\text{lev}} = 46,6 \text{ l}_{\text{mosto}} \times (65 \text{ g}_{\text{lev}} / 100 \text{ l}_{\text{mosto}}) = 30,29 \text{ g}_{\text{lev}}$$

Transcurridos 12 días de fermentación la densidad quedó estabilizada en $3,5 \text{ g}_{\text{extracto}} / 100 \text{ g}_{\text{mosto}}$ (peso específico 1014), por lo que se eliminó la levadura por el fondo del fermentador y

se obtuvo un volumen total de cerveza terminada de 42,5 litros. Con estos datos calculamos la atenuación aparente:

$$\% \text{Atenuación} = 100 \times (12,2 \text{g}_{\text{extracto}} / \text{g}_{\text{mosto}} - 3,5 \text{g}_{\text{extracto}} / \text{g}_{\text{mosto}}) / (12,2 \text{g}_{\text{extracto}} / \text{g}_{\text{mosto}})$$

$$\% \text{Atenuación} = 71,3\%$$

Estos resultados nos permiten establecer una relación entre el volumen del empaste y el volumen de cerveza obtenido, que nos servirá para calcular aproximadamente el volumen de producto que se espera obtener en la microcervecera objeto de este proyecto:

$$42,5 \text{ l}_{\text{cerveza}} / 58,4 \text{ l}_{\text{empaste}} = 0,728 \text{ l}_{\text{cerveza}} / \text{l}_{\text{empaste}}$$

El grado alcohólico estimado fue:

$$\% \text{Alcohol} = (12,2 - 3,5) / 2 = 4,35\% \text{ v/v de alcohol}$$

Para calcular las unidades IBU del producto obtenido, al igual que en el caso de Pale Ale usaremos también el método simplificado, que nos dará una aproximación del amargor resultante para simplemente establecer si está dentro del rango de amargor del estilo Trigo. Dicho método simplificado aplica un factor de utilización a los alfa-ácidos introducidos en la cocción, obteniendo los siguientes resultado

$$\text{Amargor} = [(57,8 \text{ g}_{\text{lúpulo}} \times (5 \text{ g}_{\text{AA}} / 100 \text{ g}_{\text{lúpulo}})) \times (1000 \text{ mg}_{\text{AA}} / \text{g}_{\text{AA}}) \times$$

$$\times (20 \text{ mg}_{\text{isoAA}} / 100 \text{ mg}_{\text{AA}}) / 50,5 \text{ l}$$

$$\text{Amargor} = 11,4 \text{ mg}_{\text{AA}} / \text{l} = 11 \text{ IBU}$$

Este amargor se considera dentro del rango de 10-30 IBU característico de las cervezas de trigo

9.2 CÁLCULO DE MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA MICROCEVECERA

9.2.1 MATERIAS PRIMAS PARA CERVEZA PALE ALE

Malta: Trasladando los resultados obtenidos en la planta piloto a la escala de la microcervecera se obtienen las siguientes necesidades de materias primas, tomando como base la carga máxima de malta del equipo, que es de 120 kg.

La carga de malta tendrá la siguiente distribución:

- 88% Malta Pale : $120 \text{ kg totales} \times 88/100 = 105,50 \text{ kg de malta pale}$
- 8% Malta Crystal: $120 \text{ kg totales} \times 8/100 = 9,23 \text{ kg de malta crystal}$
- 4% Malta Ámbar: $120 \text{ kg totales} \times 4/100 = 5,28 \text{ kg de malta ámbar}$

Las necesidades anuales de malta serán:

- Malta Pale : $105,50 \text{ kg} \times 52 = 5486,00 \text{ kg}$
- Malta Crystal: $9,23 \text{ kg} \times 52 = 479,96 \text{ kg}$
- Malta Ámbar: $5,28 \text{ kg} \times 52 = 274,56 \text{ kg}$

Agua: La relación kg de malta : litros de agua es 1:4, por lo que la necesidad de agua inicial para maceración será:

$$V_{\text{agua}} = (4 \text{ l}_{\text{agua}} / 1 \text{ kg}_{\text{malta}}) \times 120 \text{ kg}_{\text{malta}} = 480 \text{ l de agua}$$

Por lo tanto, la estimación del agua anual necesaria para el proceso será de:

$$V_{\text{agua anual}} = 480 \times 52 = 24960 \text{ l} = 24,96 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Por otro lado, teniendo en cuenta el volumen de agua empleado en cada producción, el volumen total del empaste será:

$$V_{\text{empaste}} = V_{\text{agua}} + V_{\text{malta}} = 480 \text{ l}_{\text{agua}} + 120 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 0,67 \text{ l}_{\text{malta}}/\text{kg}_{\text{malta}} =$$

$$V_{\text{empaste}} = 480 + 80,4 = 560,4 \text{ litros}$$

El volumen calculado es inferior a la capacidad máxima del macerador, que es de 575 litros.

Lúpulo: Las necesidades de lúpulo en cada proceso serán las siguientes:

- 60' Lupulo de amargor Challenger: $0,57 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / \text{l}_{\text{macerado}} \times 560,40 \text{ l}_{\text{macerado}} = 319,43 \text{ g}$
- 30' Lúpulo de sabor Cascade $0,37 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / \text{l}_{\text{macerado}} \times 560,40 \text{ l}_{\text{macerado}} = 207,35 \text{ g}$
- 5 ' Lúpulo de aroma Fuggles: $0,47 \text{ g}_{\text{lúpulo}} / \text{l}_{\text{macerado}} \times 560,40 \text{ l}_{\text{macerado}} = 263,39 \text{ g}$

Las necesidades anuales de lúpulo serán:

- Lupulo Challenger: $319,43 \text{ g} \times 52 = 16610,3 \text{ g} = 16,6 \text{ kg}$
- Lúpulo Cascade $207,35 \text{ g} \times 52 = 10782,2 \text{ g} = 10,8 \text{ kg}$
- Lúpulo Fuggles: $263,39 \text{ g} \times 52 = 13696,28 \text{ g} = 13,7 \text{ kg}$

Levadura: Para el cálculo de las necesidades de levadura se tiene en cuenta el porcentaje de merma de volumen de evaporación en la cocción y eliminación de turbio frio observada en la planta piloto.

- El volumen estimado tras la cocción será de $560,4 \times (1-0,128) = 488,7 \text{ l}$
- El volumen estimado tras la eliminación del turbio frio será de $488,7 \times (1-0,061) = 458,9 \text{ l}$

Por tanto el volumen de cálculo para las necesidades de levadura será de 458,9 litros, por lo que las necesidades de levadura en cada batch serán de:

$$458,9 \text{ l} \times 65 \text{ g} / 100 \text{ l} = 298,3 \text{ g de levadura}$$

Las necesidades anuales de levadura serán:

$$298,3 \text{ g} \times 52 = 15511,6 \text{ g} = 15,51 \text{ kg de levadura Safale S-04}$$

9.2.2 MATERIAS PRIMAS PARA CERVEZA TRIGO

Trasladando los resultados obtenidos en la planta piloto a la escala de la microcervecera se obtienen las siguientes necesidades de materia prima en cada producción tomando como base la carga máxima de malta del equipo de 120 kg, así como las necesidades anuales teniendo en cuenta una producción semanal de cada tipo de cerveza, es decir, 52 producciones al año por estilo.

Malta: La carga de malta tendrá la siguiente composición:

- 44% Malta Pale : $120 \text{ kg totales} \times 44/100 = 52,80 \text{ kg de malta pale}$
- 50% Malta de trigo; $120 \text{ kg totales} \times 50/100 = 60,00 \text{ kg de malta de trigo}$
- 6% Malta Carapils: $120 \text{ kg totales} \times 6/100 = 7,20 \text{ kg de malta carapils}$

Las necesidades anuales de malta serán:

- Malta Pale : $52,80 \text{ kg} \times 52 = 2745,60 \text{ kg}$
- Malta de trigo; $60,00 \text{ kg} \times 52 = 3120 \text{ kg}$
- Malta Carapils: $7,20 \text{ kg} \times 52 = 374,40 \text{ kg}$

Agua: La relación kg malta: litros de agua es 1:4, por lo que la necesidad de agua inicial para maceración será:

$$V_{\text{agua}} = (4 \text{ l}_{\text{agua}} / 1 \text{ kg}_{\text{malta}}) \times 120 \text{ kg}_{\text{malta}} = 480 \text{ l de agua}$$

Por lo tanto, la estimación del agua anual necesaria para el proceso será de:

$$V_{\text{agua anual}} = 480 \times 52 = 24960 \text{ l} = 24,96 \text{ m}^3 \text{ de agua}$$

Por otro lado, teniendo en cuenta el volumen de agua empleado en cada producción, el volumen total del empaste será:

$$V_{\text{empaste}} = V_{\text{agua}} + V_{\text{malta}} = 480 \text{ l}_{\text{agua}} + 120 \text{ kg}_{\text{malta}} \times 0,67 \text{ l}_{\text{malta}}/\text{kg}_{\text{malta}} =$$

$$V_{\text{empaste}} = 480 + 80,4 = 560,4 \text{ litros}$$

El volumen calculado es inferior a la capacidad máxima del macerador, que es de 575 litros.

Lúpulo: Las necesidades totales de lúpulo serán:

$$560,40 \text{ l}_{\text{mosto}} \times 0,99 \text{ gr}_{\text{lúpulo}} / \text{l}_{\text{mosto}} = 554,80 \text{ g de lupulo Hallertauer}$$

Esta cantidad se desglosa según las siguientes adiciones:

- Amargor: 1/3 del total a 60': $554,80 \text{ g} \times 1/3 = 184,93 \text{ g}$
- Sabor: 1/2 del total a 30': $554,80 \text{ g} \times 1/2 = 277,40 \text{ g}$
- Aroma: 1/6 del total a 5': $554,80 \text{ g} \times 1/6 = 92,47 \text{ g}$

Las necesidades anuales de lúpulo serán:

$$554,80 \text{ g} \times 52 = 28849,60 \text{ g} = 28,85 \text{ kg}$$

Levadura: Para el cálculo de las necesidades de levadura se tiene en cuenta el porcentaje de merma de volumen de evaporación en la cocción y eliminación de turbio frío observada en la planta piloto.

- El volumen estimado tras la cocción será de $560,4 \times (1-0,137) = 483,6 \text{ l}$
- El volumen estimado tras la eliminación del turbio frío será de $483,6 \times (1-0,0745) = 447,6 \text{ l}$

Por tanto el volumen de cálculo para las necesidades de levadura será de 447,6 litros, por lo que las necesidades de levadura en cada batch serán de:

$$447,6 \text{ l} \times 65 \text{ g} / 100 \text{ l} = 290,9 \text{ g de levadura}$$

Las necesidades anuales de levadura serán:

$$290,9 \text{ g} \times 52 = 15126,8 \text{ g} = 15,13 \text{ kg de levadura Safbrew WB-60}$$

9.3 CALCULO DE PRODUCCIÓN POR ESTILO Y FORMATO

9.3.1 PRODUCCIÓN DE CERVEZA PALE ALE

El volumen de cerveza obtenido en relación al volumen obtenido en la experiencia piloto resulto ser de $0,735 \text{ l}_{\text{cerveza}} / \text{l}_{\text{empaste}}$, por lo que el volumen esperado de cerveza a la escala de la industria microcervecera en cada ciclo de producción será:

$$V_{\text{ciclo}} = 560,40 \text{ l}_{\text{empaste}} \times 0,735 \text{ l}_{\text{cerveza}} / \text{l}_{\text{empaste}} = 411,89 \text{ l}_{\text{cerveza}}$$

El restaurante al cual está vinculado la actividad de la microcervecería demandará semanalmente unos 10 barriles de 30 l por tipo de cerveza, siendo el resto embotellado para distribución, un 75% en botella de 330 ml y un 25% en botella de 750 ml, por lo que la producción semanal tendrá el siguiente desglose:

- Barriles de 30 l: 10 unidades
- Botellas de 330 ml: $(411,89 - 300) \text{ l} \times 0,75 \times (\text{botella} / 0,33 \text{ l}) = 254 \text{ Botellas}$
- Botellas de 750 ml: $(411,89 - 300) \text{ l} \times 0,25 \times (\text{botella} / 0,75 \text{ l}) = 37 \text{ Botellas}$

Por lo tanto, la producción anual de cerveza Pale Ale teniendo en cuenta un ciclo de producción semanal será:

- Barriles de 30 l: $10 \times 52 = 520$ barriles
- Botellas de 330 ml: $254 \times 52 = 13208$ botellas de 330 ml
- Botellas de 750 ml: 37×52 botellas = 1924 botellas de 750 ml

9.3.2 PRODUCCIÓN DE CERVEZA TRIGO

El volumen de cerveza obtenido en relación al volumen obtenido en la experiencia piloto resulto ser de $0,728 \text{ l}_{\text{cerveza}} / \text{l}_{\text{empaste}}$, por lo que el volumen esperado de cerveza a la escala de la industria microcervecera en cada ciclo de producción será:

$$V_{\text{ciclo}} = 560,40 \text{ l}_{\text{empaste}} \times 0,728 \text{ l}_{\text{cerveza}} / \text{l}_{\text{empaste}} = 407,97 \text{ l}_{\text{cerveza}}$$

Como se ha indicado anteriormente, el restaurante al cual está vinculado la actividad de la microcervecería demandará semanalmente unos 10 barriles de 30 l por tipo de cerveza, siendo el resto embotellado para distribución, un 75% en botella de 330 ml y un 25% en botella de 750 ml, por lo que la producción semanal de cerveza de Trigo tendrá el siguiente desglose:

- Barriles de 30 l: 10 unidades
- Botellas de 330 ml: $(407,97 - 300) \text{ l} \times 0,75 \times (\text{botella} / 0,33 \text{ l}) = 245$ Botellas
- Botellas de 750 ml: $(407,97 - 300) \text{ l} \times 0,25 \times (\text{botella} / 0,75 \text{ l}) = 36$ Botellas

Por lo tanto, la producción anual del estilo Trigo, teniendo en cuenta un ciclo de producción semanal, será:

- Barriles de 30 l: $10 \times 52 = 520$ barriles
- Botellas de 330 ml: $245 \times 52 = 12740$ botellas de 330 ml
- Botellas de 750 ml: 36×52 botellas = 1872 botellas de 750 ml

9.4 CÁLCULO DE CAPACIDAD Y NÚMERO DE FERMENTADORES

Para el cálculo del número y capacidad de los fermentadores de la industria microcervecera se tiene en cuenta el volumen de mosto a fermentar, el tipo de levadura empleada y la duración de la fermentación. Los volúmenes estimados de producción semanal de mosto sujeto a fermentación son:

- Cerveza Pale Ale: 411,89 l
- Cerveza Trigo: 407,97 l

A la hora de calcular el volumen idóneo para un fermentador de cerveza se tiene en cuenta que debe quedar libre de mosto un 20% de la capacidad del mismo, ya que al usar levadura de fermentación alta debe quedar espacio para la formación de espuma formada, por lo que los volúmenes mínimos serán:

$$(V_{\text{fermentador}} - V_{\text{mosto}}) / V_{\text{fermentador}} = 0,2$$

$$V_{\text{fermentador}} = V_{\text{mosto}} / (1-0,2)$$

$$V_{\text{fermentador}} = V_{\text{mosto}} / 0,8$$

- Fermentador para cerveza Pale Ale: $V_{\text{min}} = 411,89 \text{ l} / 0,8 = 514,86 \text{ l}$
- Fermentador para cerveza Trigo: $V_{\text{min}} = 407,97 \text{ l} / 0,8 = 509,96 \text{ l}$

En ambos casos se va a usar un fermentador comercial, por lo que elegimos un fermentador en ambos casos de 600l, con características especificadas en la sección 8.6 FERMENTACION siendo entonces los porcentajes libres para la formación de espuma:

- Caso para cerveza Pale Ale: $\%_{\text{libre}} = 100 \times (600 \text{ l} - 411,89 \text{ l}) / 600 = 31,4\%$
- Caso para cerveza Trigo: $\%_{\text{libre}} = 100 \times (600 \text{ l} - 407,97 \text{ l}) / 600 = 32,0\%$

Por otro lado, interesa saber el volumen máximo de mosto que podemos introducir en

dicho fermentador en caso de que se obtenga mayor volumen de mosto como consecuencia de variación de la carga:

$$V_{\text{max mosto}} = V_{\text{fermentador}} \times 0,8 = 600 \text{ l} \times 0,8 = 480 \text{ l de mosto}$$

En cuanto al número de fermentadores se tienen en cuenta los siguientes días de fermentación según el estilo de elaboración:

- Cerveza Pale Ale: 5 días.
- Cerveza Trigo: 12 días

En el caso para elaboración de cerveza Pale Ale no existe solapamiento en la fermentación, es decir, no va a coincidir la fermentación de dos ciclos de producción, por lo que teóricamente con un fermentador es suficiente.

Para el estilo Trigo, si existe solapamiento, ya que el ciclo de producción es cada 7 días y el periodo de fermentación es de 12 días, por lo que se necesitan dos fermentadores.

Teóricamente necesitamos 3 fermentadores, pero se incluirá un fermentador más debido a que se pueden producir los siguientes problemas de producción:

- Retraso de la fermentación
- Modificación del planning de trabajo por ausencias no previstas del personal especializado.
- Fallo en el equipo de llenado y/o taponado.

No se prevé añadir un quinto fermentador por aumento de periodicidad de ciclos de producción, ya que en caso de necesitarse existen proveedores locales que pueden suministrar fermentadores en un plazo corto de entrega, por lo que:

$$\text{N}^\circ \text{ de fermentadores} = 4$$

9.5 CÁLCULO DE NECESIDADES FRIGORÍFICAS

Las necesidades frigoríficas totales de la industria microcervecera estarán destinadas al enfriamiento del mosto tras la cocción. El cálculo teórico de las necesidades de refrigeración será incrementado un 20% como margen de seguridad.

Tenemos que:

$$Q = m \times C_p \times (T_i - T_f) = \rho \times V \times C_p \times (T_i - T_f)$$

Donde,

m es la masa de cerveza a enfriar, kg.

C_p es el calor específico de la cerveza en kJ/kg°C.

T_i es la temperatura inicial del mosto a enfriar en °C.

T_f es la temperatura final del mosto a enfriado en °C.

ρ es la densidad media del mosto enfriado en kg/l.

V es el volumen de mosto en l.

A efectos de cálculo se considera la capacidad calorífica y densidad del mosto igual a la del agua, de modo que $C_p = 4,18$ kJ/kg°C y $\rho = 1$ kg/l.

Por otro lado se consideran unas temperaturas $T_i = 100^\circ\text{C}$ y $T_f = 24^\circ\text{C}$, por lo que el calor teórico a retirar del mosto será:

- Pale Ale: $Q = 1 \text{ kg/l} \times 488,7 \text{ l} \times 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (100^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) = 155250,22 \text{ kJ}$
- Trigo: $Q = 1 \text{ kg/l} \times 483,6 \text{ l} \times 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (100^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) = 153630,05 \text{ kJ}$

Por tanto escogemos el valor mayor y lo incrementamos en un 20%, para incluir pérdidas en el circuito de refrigeración entre los depósitos de almacenamiento de agua glicolada y la camisa de refrigeración:

$$Q_T = 155250,22 \text{ kJ} = 186300,26 \text{ kJ}$$

La retirada de dicho calor se realizará mediante el intercambio en la camisa de refrigeración con una mezcla a agua-etilenglicol al 25% previamente enfriada a -5°C con el equipo de frío con las siguientes valores característicos medios a las temperaturas de trabajo:

- Densidad: 1,04 kg/l
- C_p : 0,894 kcal / kg· $^{\circ}\text{C}$

Por lo que el volumen de agua glicolada necesaria será:

$$186300,26 = 1,04 \text{ kg/l} \times V \times 0,894 \text{ kcal / kg}\cdot^{\circ}\text{C} \times 4,18 \text{ kJ / kcal} (24^{\circ}\text{C}-(-5^{\circ}\text{C}))$$
$$V = 186300,26 / (1,04 \times 0,894 \times 4,18 \times 29) = 1652,99 \text{ l} \approx 1653 \text{ l}$$

A partir de este resultado se elige la instalación de dos depósitos pulmón isoterms comerciales de agua glicolada de 1000 l de capacidad por unidad, enfriada por un equipo de frío de 8600 frig/h.con modelo IC-86 con las características descritas en la sección 8.5 ENFRIAMIENTO de la presente memoria.

10. ESTUDIO ECONÓMICO DE LA ACTIVIDAD

10.1 COSTES DE INSTALACIÓN

El coste de instalación y puesta en marcha de todos los equipos descritos en la memoria asciende a 67.661,12€, según el importe obtenido en el documento III. Presupuesto.

10.2 COSTES TOTALES DE PRODUCCIÓN ANUAL

Se han determinado unos costes totales anuales para la actividad de la industria microcervecera de 86.550,36€. En los siguientes puntos se refleja el detalle de dichos costes así como los criterios que se han tenido en cuenta para llegar a esta cifra.

10.2.1 AGUA

El consumo de agua estimado es de unos 76,90 m³ anuales, según el siguiente desglose:

- Agua de proceso: según los cálculos realizados el consumo total de agua de proceso por cada tipo de cerveza es de 24,96 m³, es decir el agua total de proceso será de 49,92 m³
- Agua de limpieza: se estima que el consumo de agua para limpieza será un 30% del agua de proceso, por lo que será de unos 14,98 m³.
- Agua de aseo: se estima un gasto anual de agua en aseos de 12 m³.

Según la tarifa actual de la empresa de abastecimiento, el precio actual es de 0,80 € / m³, por lo que el coste anual del agua consumida será de:

$$C_{\text{agua}} = 76,90 \text{ m}^3 \times 0,80 \text{ € / m}^3 = 61,52 \text{ €}$$

Al estar la actividad vinculada y conectada al suministro de agua del restaurante existente, no existirá coste fijo por suministro de agua imputable a la microcervecería.

10.2.2 ELECTRICIDAD

El coste de electricidad estimado es de 5100€, según el siguiente desglose:

- Macerador-cocedor: según datos del fabricante del equipo, el coste eléctrico por litro de cerveza terminada es de unos 0,05 €, por lo que teniendo en cuenta una producción anual de 48000 l, el coste anual del consumo eléctrico del equipo de maceración-cocción será de 2400€.
- Equipo de frio: se estima un coste eléctrico anual del equipo de frio de unos 1500€.
- Otras instalaciones: en este grupo se encuentra el coste eléctrico de alumbrado, refrigerador para lúpulo y levadura, molino, llenadora, etiquetadora, termo eléctrico de aseo, etc. Se considera un coste anual de 1200€.

10.2.3 MALTA

Según las necesidades de malta calculadas, su coste total anual será de 13227,00€:

MALTA	SACOS	PRECIO €/SACO	COSTE €
Pale Malt	330	23	7590
Wheat Malt	125	30	3750
Carapils	15	31	465
Cristal Malt	29	35	1015
Ambar	11	37	407
TOTAL			13227

10.2.4 LÚPULO

Según las necesidades de lúpulo calculadas, su coste será de 1455,78 según el siguiente detalle:

LUPULO	CANTIDAD kg	PRECIO € / kg	COSTE €
Hallertauer	28,85	18,34	529,11
challenger	16,60	21,35	354,41
Cascade	10,80	22,72	245,38
Fuggles	13,70	23,86	326,88
TOTAL			1455,78

10.2.5 LEVADURA

Tendrá un coste total anual de 2176,34€:

LEVADURA	CANTIDAD kg	PRECIO € / kg	COSTE €
Safbrew UB-06	15,13	95,32	1442,19
Safale S-04	15,51	82,15	1274,15
TOTAL			2716,34

10.2.6 PERSONAL

Se considera la contratación de un trabajador especializado a tiempo completo para realizar las labores principales de elaboración, pero se considera que tendrá apoyo durante media

jornada por un trabajador a jornada completa ya contratado para el restaurante vinculado a la actividad, por lo tanto el siguiente coste imputado a la microcervecería se corresponde con un 50% de su retribución anual actual.

PERSONAL	SALARIO €/año
Trabajador especializado	27000
Trabajador de apoyo (½ Jornada)	10000
TOTAL	37000

10.2.7 EMBOTELLADO

El coste de este apartado será de 9729,72€, según las siguientes partidas:

CONCEPTO	Uds. Pale	Uds. Trigo	Uds. Total	Precio € / Ud	TOTAL €
Botellas de 750 ml	1924	1872	3796	0,41	1556,36
Etiquetas para 750 ml				0,08	303,68
Chapa corona 29 mm				0,02	75,92
Botellas de 330 ml	13208	12740	25948	0,23	5968,04
Etiquetas para 330 ml				0,05	1297,4
Chapa corona 26 mm				0,02	528,32
TOTAL					9729,72

10.2.8 OTROS CONCEPTOS

Se han previsto otros gastos no contemplados en los apartados anteriores por un importe total de 17800€ según las siguientes partidas:

CONCEPTO	€/ año
Tasas e impuestos	10000
Publicidad	2000
Mantenimiento Instalaciones	1500
Mantenimiento Web	600
Formación empleados	1200
Otros gastos no previstos	2500
TOTAL	17800,00

10.3 INGRESOS PREVISTOS POR VENTA DE PRODUCTO

Para estimar la entrada de ingresos por venta de producto se ha considerado un escenario donde el 75% de la cerveza producida en envase de 330 ml y 750 ml se venda en el restaurante y en la zona de degustación, y la de barril, como ya se ha indicado en capítulos anteriores se dispensará exclusivamente en los locales propios. De acuerdo a dicha premisa, los facturación total será de 161.759,00€, correspondiendo 152.899,50€ a la facturación por venta en el local y 8.859,50€ a la facturación por venta a distribuidores. A continuación se detalla la facturación por tipo de envase y vía de venta:

Barril	520	520	108,00	56160,00	0		0,00
330 ml	13208	9906	1,50	14859,00	3302	1	3302,00
750 ml	1924	1443	4,00	5772,00	481	2,5	1202,50
Barril	520	520	108,00	56160,00	0		0,00
330 ml	12740	9555	1,50	14332,50	3185	1	3185,00
750 ml	1872	1404	4,00	5616,00	468	2,5	1170,00
				152899,50			8859,50

Nótese que el precio del barril indicado resulta de considerar un precio de 1,20€ por vaso de 330 ml cerveza, y considerando que el barril tiene una capacidad de 30 l, implicaría la dispensación de unos 91 vasos por barril, obteniendo una facturación por unidad de 108,00€.

10.4 VALOR ACTUAL NETO (V.A.N)

El valor actual neto se define matemáticamente como:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde,

V_t es el flujo de caja en cada periodo t

I_0 es la inversión inicial

n es el número de periodos considerados

k es el tipo de interés

En el caso de la inversión en la industria microcervecera considerada se tienen en cuenta los siguientes valores:

- $V_t = 75208,64\text{€}$, resultante de la diferencia entre los ingresos y costes de producción obtenidos en apartados anteriores. Dicho valor se considera constante durante el periodo considerado, que en nuestro caso son 5 años.
- $I_0 = 67661,12\text{€}$, importe correspondiente a la inversión inicial para la puesta en marcha de la industria microcervecera.
- $n = 5$
- $k = 0,02$, es decir, se considera un tipo de interés del 2%.

Aplicando dichos valores se obtiene un Valor Actual Neto de 354.489,86€

10.5 TASA INTERNA DE RETORNO (T.I.R.)

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento k que hace que el valor actual neto sea igual a cero, por lo que resolviendo la ecuación para los valores citados en el apartado anterior se obtiene una Tasa Interna de Retorno de 108,3%, lo que indica claramente que la inversión es muy rentable si se cumplen las estimaciones de inversión y flujos de caja previstos.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. “Biotecnología de la Fermentación”. Owen P. Ward. Ed. Acribia. 1989
2. “Biotecnología de la cerveza y de la malta”. J.S. Hough. Ed. Acribia. 1990
3. “La cerveza”. S. Huxley. Ed. Trea. 2011
4. “Elaboración de cerveza: microbiología, bioquímica y tecnología”. Ian S. Hornsey. Ed. Acribia. 2002
5. “Elaboración casera de cerveza”. W. Vogel. Ed. Acribia. 1999.
6. “Manual del cervecero”. L. Campano. Ed. Maxtor. 2011.
7. “Industrias de cereales y derivados”. M.J. Callejo. AMV Ediciones. 2002.

II. PLANOS

ÍNDICE

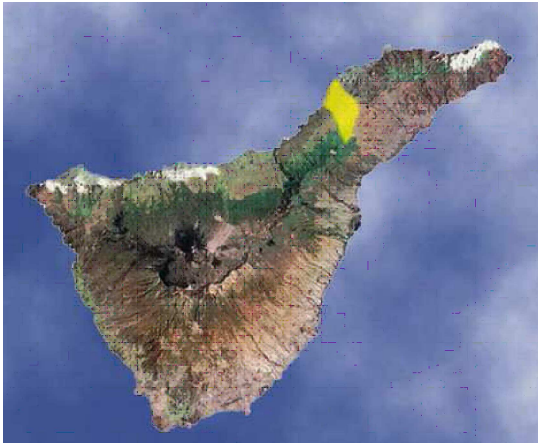
PLANO 1: LOCALIZACIÓN

PLANO 2: LOCAL EXISTENTE

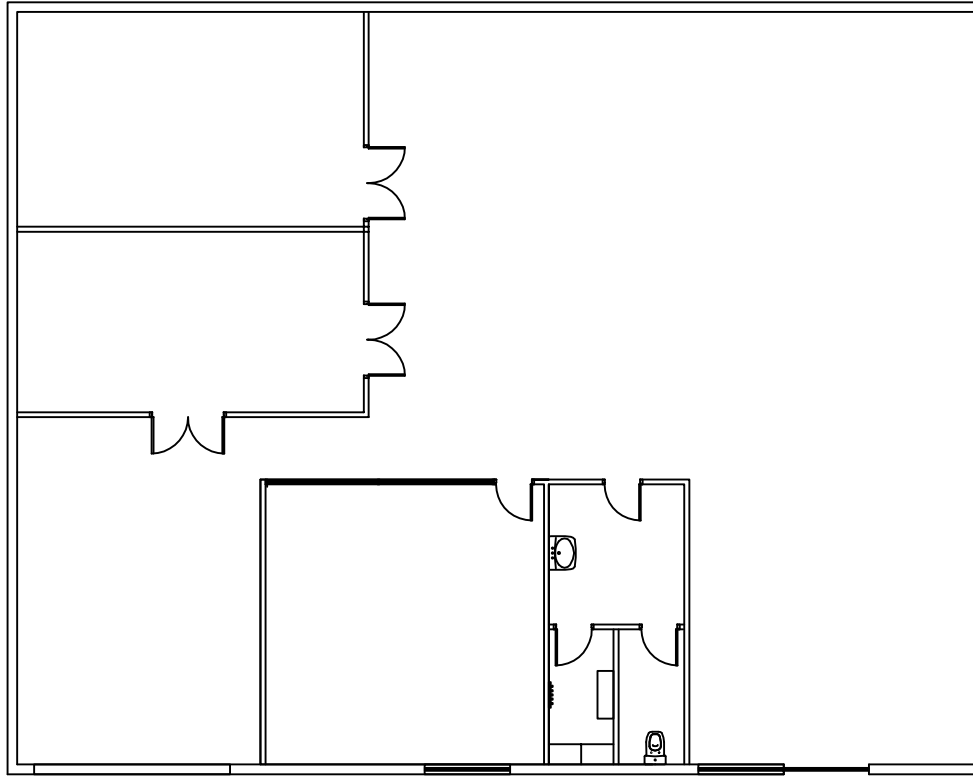
PLANO 3: DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

PLANO 4: DIAGRAMA DE FLUJO


**PLANO 5: DETALLE DE EQUIPO DE MACERACIÓN
Y COCCIÓN**

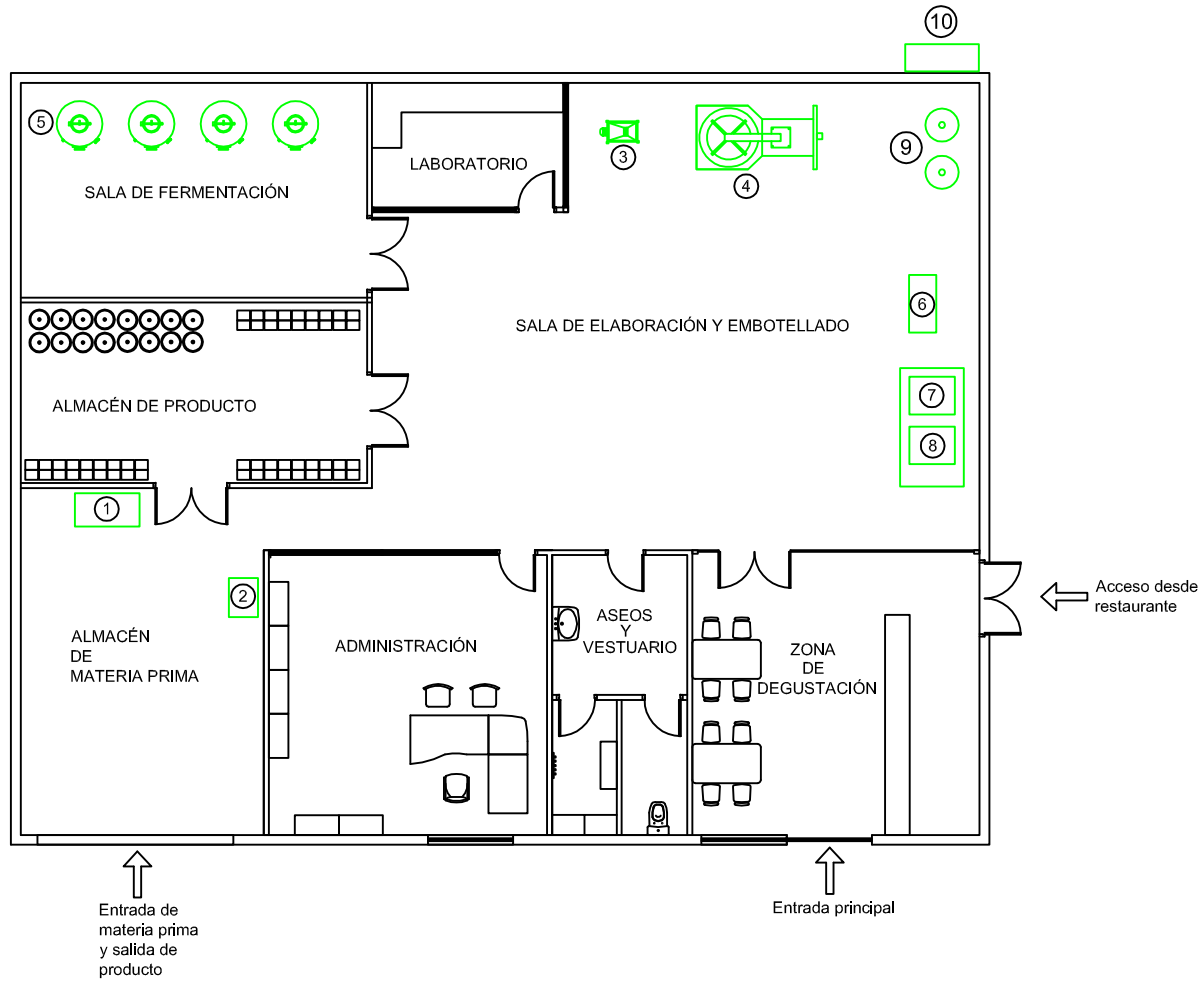


DISEÑO DE UNA INDUSTRIA MICROCERVECERA			
	Fecha	Autor	 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL Grado en Ingeniería Química Industrial Universidad de La Laguna
Dibujado	29/06/2015	Alfredo Martín Candelario	
Comprobado	29/06/2015	Tutor: Luis A. González Mendoza	
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	LOCALIZACIÓN		Nº P.: 1
S/E			



DISEÑO DE UNA INDUSTRIA MICROCERVECERA

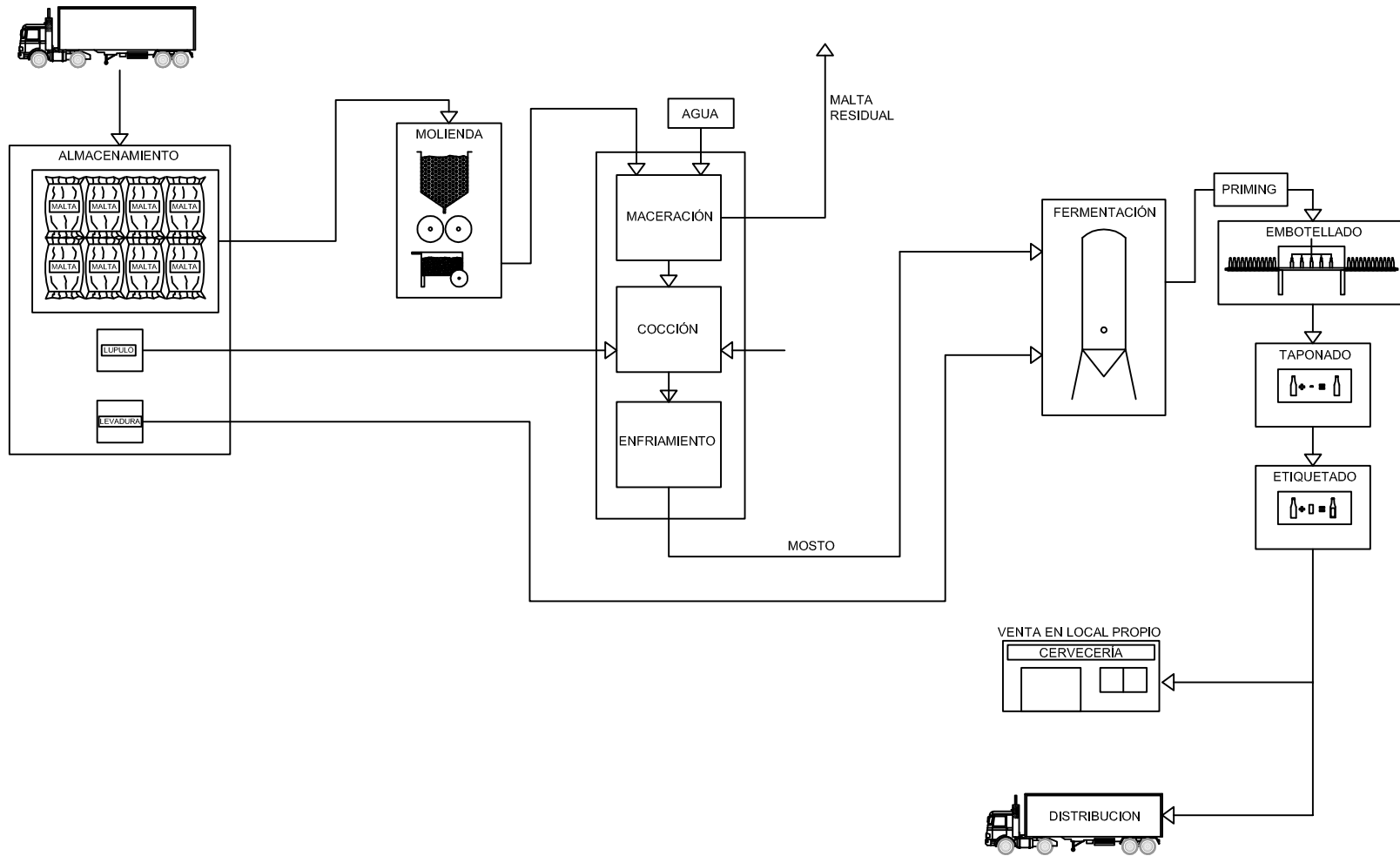
	Fecha	Autor		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dibujado	29/06/2015	Alfredo Martín Candelario		Grado en Ingeniería Química Industrial
Comprobado	29/06/2015	Tutor: Luis A. González Mendoza		Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	LOCAL EXISTENTE			Nº P.: 2
1/100				



LEYENDA	
①	Refrigerador
②	Báscula
③	Molino de malta
④	Equipo de maceración-cocción
⑤	Fermentador
⑥	Llenadora de botellas
⑦	Chapadora
⑧	Etiquetadora
⑨	Depósitos de agua glicolada
⑩	Equipo de frío

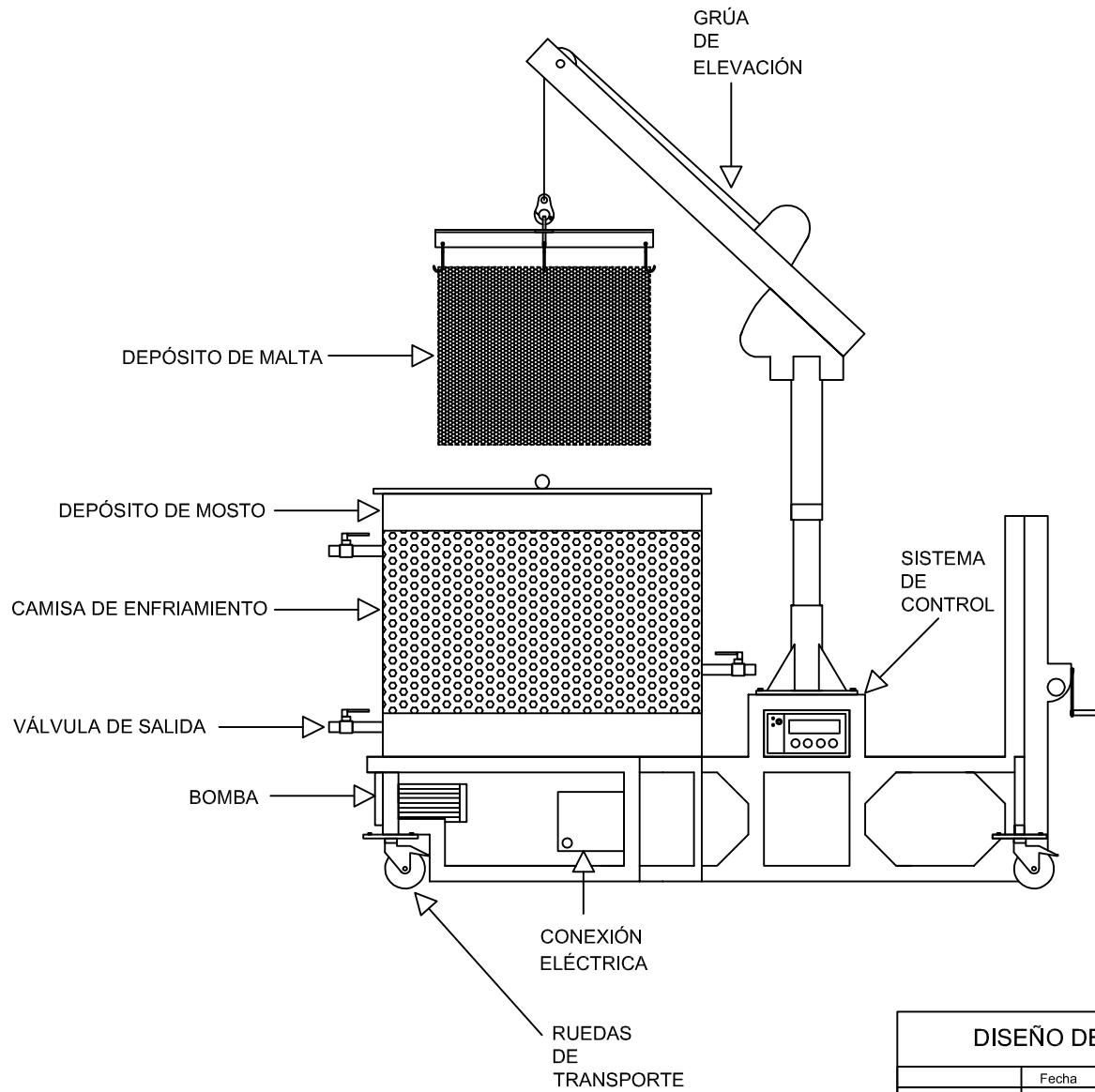
DISEÑO DE UNA INDUSTRIA MICROCERVECERA

	Fecha	Autor		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dibujado	29/06/2015	Alfredo Martín Candelario		Grado en Ingeniería Química Industrial
Comprobado	29/06/2015	Tutor: Luis A. González Mendoza		Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA			Nº P.:
1/100				3



DISEÑO DE UNA INDUSTRIA MICROCERVECERA

	Fecha	Autor		ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dibujado	29/06/2015	Alfredo Martín Candelario		Grado en Ingeniería Química Industrial
Comprobado	29/06/2015	Tutor: Luis A. González Mendoza		Universidad de La Laguna
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	DIAGRAMA DE FLUJO			Nº P.:
S/E				4



DISEÑO DE UNA INDUSTRIA MICROCERVECERA

Fecha		Autor			ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL E INDUSTRIAL
Dibujado	29/06/2015	Alfredo Martín Candelario			Grado en Ingeniería Química Industrial
Comprobado	29/06/2015	Tutor: Luis A. González Mendoza			Universidad de La Laguna
Id. s. normas		UNE-EN-DIN			Nº P.: 5
ESCALA: S/E		DETALLE DE EQUIPO DE MACERACIÓN-COCCIÓN			

III. PRESUPUESTO

INDICE

CAPÍTULO 1: ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.....	3
CAPÍTULO 2: MACERACIÓN Y COCCIÓN.....	4
CAPÍTULO 3: ENFRIAMIENTO.....	4
CAPÍTULO 5: FERMENTACIÓN.....	5
CAPÍTULO 6: EMBOTELLADO.....	5
CAPÍTULO 7: LABORATORIO.....	6
CAPÍTULO 8: OTROS CONCEPTOS.....	6
RESUMEN.....	7

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total
	CAPÍTULO 1. Almacenamiento de materias primas			
1	Ud. Refrigerador expositor FRED AE390 con cinco estantes regulables en altura, con termómetro, puerta con doble cristal, marco de aluminio, cerradura y autocierre. Turbina interior de apoyo para distribución homogénea de temperatura. Dimensiones 590x610x1885mm. Capacidad 390 l. Potencia 310W. Rango de Tª +2°C/+10°C. Alimentación monofásica 220v.	1	687,25	687,25
2	Ud. Báscula completa con ruedas y asas para facilitar su movilidad. Modelo: BFS300 Fuerza: 300Kg Divisiones: 50g Plataforma: 600x800mm de inoxidable. Con 4 ruedas de 70mm. las dos delanteras fijas y dos traseras giratorias. Visor: BR20 con batería interna recargable de 90h de duración. Tara automática y memoria de Tara. Cuentapiezas. Función límites. Pesaje de animales. Autodesconexión automática	1	465,13	465,13
3	Ud. Balanza de precisión de la Marca Baxtran. Modelo AND1000C. Dimensiones: 130x130mm. Fuerza 1000g. Divisiones: 0,1g. Display LCD retroiluminado. Dígitos de 15mm. Calibración externa. Salida RS232. Gancho inferior de pesada. Batería interna recargable. Pies regulables en altura.	1	148,26	148,26
4	Ud. Carretilla con base formada por una estructura acero pintado en perfil de L y estante de conglomerado de madera MDF con acabado de haya. Timón hecho a partir de tubo de acero pintado de diámetro 27mm y espesor 1,75mm, soldado directamente a la estructura de la base. Estructura completamente soldada. Ruedas con recubrimiento de goma dura y sistema de giro con rodamientos. Estructura de acero galvanizado. Dispone de 2 ruedas fijas y 2 giratorias con freno de pie que bloquea a su vez el giro según norma EN1757-3. El proceso de fabricación incluye el pintado de alta calidad con polvo poliéster y secado al horno.	1	95,2	95,20
	TOTAL CAPITULO 1			1395,84

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total €
	CAPÍTULO 2. Maceración y Cocción			
5	Ud. Molino eléctrico de 2 rodillos especiales de acero endurecido, correa impulsada por rodamiento de bolas, patas de elevación, motor eléctrico de 1,5 kW trifásico 380V, capacidad 200kg/h. Distancia entre rodillos regulable.	1	2206,32	2206,32
6	Ud. Macerador-cocedor Braumeister 500 construido en acero inoxidable, alimentación eléctrica trifásica 400V, calentamiento por resistencias 6x3kW, bomba con ajuste de velocidad de giro de 370W, potencia total de 18,4kW, dimensiones 253x130x277, peso de 380kg con grúa de elevación de tubo de malta, panel de control automático de tiempos y temperatura, enfriamiento con camisa de 1,8 m2 y ruedas de transporte.	1	21250	21250,00
	TOTAL CAPITULO 2			23456,32

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total €
	CAPÍTULO 3. Enfriamiento			
7	Ud. Depósito de agua glicolada de refrigeración, termómetro de vaina, cuatro manguitos de conexión para equipo de frío y circuito de camisa, válvula inferior de drenaje, aislamiento exterior, incluidas tuberías aisladas de conexión con equipo de frío, tuberías aisladas de conexión con camisa de refrigeración de equipo de maceración y bomba de circulación.	2	1450	2900,00
8	Ud. Equipo de frío de 8600 frig/h, con alimentación trifásica 380V/50Hz, consumo eléctrico de 3,7 kW, dos ventiladores, velocidad de giro de ventilador 850 rpm, potencia de ventilador 120W, ruido 56 dB, altura manométrica de salida de la bomba de 10 m, caudal de agua 1,7m3/h, totalmente instalado incluso estructura de acero para colocación en pared.	1	4200	4200,00
	TOTAL CAPITULO 3			7100,00

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total €
	CAPÍTULO 5. Fermentación			
9	Ud Fermentador cilíndrico de acero inoxidable AISI304, capacidad de 600 l, válvula de bola de acero en la parte inferior de la parte cónica, válvula de acero para toma de muestra en la parte cilíndrica, boca de hombre en la parte superior con airlock en la tapa, boca de hombre lateral, termómetro de vaina y tres patas soldadas al cuerpo.	4	2815,24	11260,96
10	TOTAL CAPÍTULO 5			11260,96

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total €
	CAPÍTULO 6. Embotellado			
11	Ud. Llenadora semiautomática de 6 bocas, fabricada en acero inoxidable AISI 304, con bomba de llenado, bandeja sujetabolletas regulable en altura, diámetro de caños 14 mm, capacidad de producción de 530 l/h en modo 6 bocas y ruedas de transporte.	1	2130,45	2130,45
12	Ud. Chapadora neumática de aire comprimido para chapas de 26mm y 29mm, capacidad 600 botellas/h, altura mínima de botella 220mm, altura máxima de botella 420, diámetro máximo de botella 100mm, dimensiones 29x22x60 cm, incluido compresor.	1	1035,42	1035,42
13	Ud. Mesa acero inoxidable para chapadora neumática	1	200	200,00
14	Ud. Etiquetadora para frontal y reverso semiautomática con sensor on/off, sensor automático de detección de etiquetas, capacidad 500-900 botellas/h, altura máxima de rollo 190mm, para botellas de 55 a 115mm, potencia 0,2 kW, alimentación 230v/50Hz y peso 45 kg	1	2102,50	2102,50
15	Ud. Barril europeo de cerveza de capacidad 30 litros, fabricado en acero inoxidable, equipado con espadín con base para conector o cabeza tipo A, diámetro 395 mm, altura 365 mm y peso en vacío 9,5 kg.	30	63	1890,00
	TOTAL CAPITULO 6			7358,37

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total €
CAPÍTULO 7. Laboratorio				
16	Ud. Refractómetro 0-18 °Brix, 0,1 de precisión	1	20	20,00
17	Ud. Termómetro químico de varilla de vidrio de alcohol tintado, rango -10°C a 100°C, divisiones de °C	1	6,2	6,20
18	Ud. Agitador magnético sin calefacción, velocidad regulable 100-2000 rpm, plato de 100 mm de diametro, alimentación 220v/50 Hz, medidas 150x100x110mm.	1	67,3	67,30
19	Ud. Vaso de precipitado de 400 ml, graduado, de vidrio borosilicato con pico	6	5,85	35,10
20	Ud. Matraz Erlenmeyer 500 ml, graduado, de borosilicato.	6	5,2	31,20
21	Ud. Pipeta graduada de 5 ml, divisiones de 0,05 ml, de cristal.	4	3,21	12,84
22	Ud. Hidrómetro con escala de peso específico y grado Plato.	1	6,35	6,35
TOTAL CAPITULO 7				178,99

Código	Concepto	Medición	Precio €/ Unidad	Total €
CAPÍTULO 8. Otros Conceptos				
23	M de Tubería manguera flexible de PVC de diametro interior 25 mm y 25 m de longitud, de uso alimentario con refuerzo interior de alambre acerado, superficie interior lisa, flexible, incluidos accesorios roscados de conexión entre fermentador, macerador y llenadora.	2	150	300,00
24	Ud. de equipamiento de mobiliario para zona de administración, incluyendo mesa de despacho en L, cinco armarios de archivo de 0,40m x 0,60m x 1,60 m, dos sillas de cliente y un sillón de despacho.	1	900	900,00
25	Ud. de equipamiento de mobiliario para zona de degustación, incluyendo dos mesas de 1,40m x 0,80m, ocho sillas para comensales y barra de madera sobre patas de 4,5m x 0,50m.	1	500	500,00
TOTAL CAPITULO 8				1700,00

RESUMEN	IMPORTE €
CAPITULO 1: Almacenamiento de materias primas	1395,84
CAPITULO 2: Maceración y cocción	23456,32
CAPITULO 3: Enfriamiento	7100,00
CAPITULO 4: Fermentación	11260,96
CAPITULO 6: Envasado	7358,37
CAPITULO 6: Laboratorio	178,99
CAPITULO 7: Otros conceptos	1700,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	52450,48
GASTOS GENERALES 16%	8392,08
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	3147,03
IGIC 7%	3671,53
TOTAL PRESUPUESTO POR CONTRATA	67661,12

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS.....	3
1.1 UNIDADES CONSTRUCTIVAS.....	3
2. CONDICIONES GENERALES.....	3
2.1 DISPOSICIONES GENERALES.....	3
2.1.1 Documentación del Contrato de Obra.....	3
2.2. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS.....	3
2.2.1. Funciones a Desarrollar por el Contratista.....	3
2.2.2. Funciones a Desarrollar por el Ingeniero Director.....	4
2.3. CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN.....	4
2.3.1. Condiciones Generales de Ejecución de los Trabajos.....	4
2.3.2. Trabajos Defectuosos.....	4
2.3.3. Materiales Defectuosos.....	5
2.3.4. Pruebas y Ensayos.....	5
2.4. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS.....	5
2.4.1. Principio General.....	5
2.4.2. Fianzas.....	5
2.4.3. Los precios.....	6
2.4.4. Valoración de los Trabajos.....	7
2.5. CONDICIONES LEGALES GENERALES.....	8
2.5.1. El Contratista.....	8
2.5.2. El Contrato.....	8
2.5.3. Adjudicación.....	8
2.6. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES.....	8
2.6.1. Fontanería.....	9
2.6.2. Instalación Eléctrica.....	9
2.6.3. Obra Civil.....	9
2.6.4. Protección Contra Incendios.....	9

2.6.5. Otros Trabajos.....	9
3. PLIEGO DE CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA INSTALACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS. ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA INSTALADA.....	9
3.1. OBJETO.....	9
3.2. NORMATIVA VIGENTE.....	10
3.3. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS.....	10
3.4. INSTALADORES.....	11
3.5. USUARIOS.....	12
3.6. IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA E INSTRUC. DE USO.....	12
3.7. INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO.....	13
3.8. INSPECCIONES Y REVISIONES PERIÓDICAS.....	13
3.9. REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD.....	13
3.9.1. Medidas Preventivas Generales.....	14
3.9.2. Estabilidad de las Máquinas.....	14
3.9.3. Partes Accesibles.....	14
3.9.4. Elementos Móviles.....	14
3.9.5. Máquinas Eléctricas.....	14
3.9.6. Ruidos y Vibraciones.....	15
3.9.7. Puesto de Mando de las Máquinas.....	15
3.9.8. Puesta en Marcha de las Máquinas.....	15
3.9.9. Desconexión de la Máquina.....	16
3.9.10. Parada de Emergencia.....	16
3.9.11. Mantenimiento, Ajuste, Regulación, Engrase, Alimentación u Otras Operaciones a Efectuar en las Máquinas.....	16
3.9.12. Transporte.....	17
3.10. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA.....	17
4. CONDICIÓN FINAL.....	18

1. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

El presente pliego de condiciones hace referencia a las especificaciones técnicas, legales y económicas para la ejecución del presente proyecto.

1.1 UNIDADES CONSTRUCTIVAS

Las obras a ejecutar serán la ejecución de instalaciones y la instalación de maquinaria y equipos descritos en la memoria del presente proyecto

2. CONDICIONES GENERALES

2.1 DISPOSICIONES GENERALES

En el presente capítulo se recogen los aspectos legales del proyecto y se fijan las condiciones que regirán la ejecución, controles de calidad exigidos, normas y leyes que rigen el proyecto.

2.1.1 Documentación del Contrato de Obra

El contrato de obra se encuentra formado por los siguientes documentos:

- Condiciones fijadas en el documento de contrato.
- Pliego de condiciones técnicas particulares
- El presente pliego general de condiciones
- El resto de documentación del proyecto.

2.2. CONDICIONES GENERALES FACULTATIVAS

En este apartado se describen y regulan las relaciones en la contrata y la dirección facultativa para la instalación de la maquinaria y la adecuación de las distintas instalaciones.

2.2.1. Funciones a Desarrollar por el Contratista

Corresponde a los contratistas del proyecto:

- 1.- Observar la normativa vigente en cuanto a seguridad e higiene en el trabajo y velar por su cumplimiento.
- 2.- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los elementos componentes del proyecto rechazando aquellos que no cuenten con las garantías exigidas.
- 3.- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- 4.- Conocer las leyes y verificar los documentos del proyecto.
- 5.- El constructor recibirá solución a los problemas técnicos no previstos en el proyecto que se presenten en su ejecución.

2.2.2. Funciones a Desarrollar por el Ingeniero Director.

Es el máximo responsable de la ejecución del proyecto, decide sobre comienzo, ritmo y calidad de los trabajos. Velará por el cumplimiento de los mismos y por las condiciones de seguridad del personal.

Las funciones que corresponden al ingeniero director son:

- 1.- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- 2.- Asistir a los trabajos las veces necesarias.
- 3.- Aprobar las certificaciones parciales del proyecto, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- 4.- Preparar la documentación final del proyecto, expedir y suscribir el certificado final de la misma.

2.3. CONDICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN

2.3.1. Condiciones Generales de Ejecución de los Trabajos.

Los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que entreguen por escrito bajo su responsabilidad el ingeniero o aparejador o ingeniero técnico.

2.3.2. Trabajos Defectuosos.

Los constructores e instaladores deberán emplear materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones técnicas generales y particulares del pliego de condiciones y realizar los trabajos de acuerdo con lo especificado en el pliego. Hasta la recepción definitiva del laboratorio son los responsables de la ejecución y de los defectos derivados de una mala ejecución.

2.3.3. Materiales Defectuosos.

El ingeniero dará orden a los contratistas de sustituir los materiales y aparatos defectuosos por otros que satisfagan las condiciones de calidad exigidas en el presente pliego de condiciones.

2.3.4. Pruebas y Ensayos.

Los gastos ocasionados por pruebas y ensayos corren por cuenta de los contratistas, pudiéndose repetir aquellos que no ofrezcan las suficientes garantías.

2.4. CONDICIONES GENERALES ECONÓMICAS

2.4.1. Principio General.

En este apartado se describen y regulan las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata, así como la dirección de control de la dirección facultativa.

Todos los intervinientes en el proceso de montaje tiene derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractuales establecidas. La propiedad y los contratistas pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

2.4.2. Fianzas.

La fianza es el porcentaje del valor total de las obras que debe depositar la contrata como garantía a la firma del contrato.

Los contratistas presentarán las siguientes fianzas:

- Depósito en metálico o aval bancario por importe del 4 por 100 del precio total de contrata, salvo especificación contraria en el contrato.

- Retención de un 5% en las certificaciones parciales o pagos que se van librando.

Con cargo a la fianza se aplican las penalizaciones por demoras y las reparaciones con cargo a la contrata.

La fianza será devuelta a los contratistas en un plazo inferior a treinta días después de firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que los contratistas acrediten la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la misma.

2.4.3. Los precios.

2.4.3.1. Composición de los Precios.

El cálculo de los precios es el resultado de sumar los costes, los gastos generales y el beneficio industrial.

Los costes son:

- Mano de obra.
- Los materiales.
- Equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene.

Los gastos generales son:

- Gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales, tasas de la administración. También se fija como un porcentaje, en este caso de la suma de costes directos e indirectos fijados en un 16%.

El beneficio industrial:

- El beneficio del contratista se establece en un 6 por 100 sobre la suma de las anteriores partidas.

Precio de ejecución material:

- El resultado obtenido por la suma de las anteriores partidas exceptuando el beneficio industrial.

Precio de contrata:

- Es la suma de costes directos, indirectos, gastos generales, beneficio industrial e impuestos (7% de IGIC)

2.4.3.2. Precios Contradictorios.

Se producen cuando la propiedad mediante el ingeniero introduce unidades o cambios de calidad en alguna de las unidades previstas o bien es necesario afrontar situaciones imprevistas. Los contratistas están obligados a efectuar los cambios. El precio se resolverá entre los contratistas y el ingeniero antes de comenzar la ejecución de los trabajos.

2.4.4. Valoración de los Trabajos.

2.4.4.1. Formas de Abono.

Salvo indicación contraria en el pliego de condiciones particulares el abono de los trabajos se efectuará en una de las siguientes formas:

1. Tipo fijo o tanto alzado *por unidad de obra*, con el precio invariable fijado de antemano, pudiendo variar únicamente el número de unidades ejecutadas previa medición y aplicando al total de unidades de obra ejecutadas el precio fijado.
2. Tanto variable *por unidad de obra*, según las condiciones en que se realice y los materiales empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del ingeniero director.
3. Mediante listas de jornales y recibos de materiales realizados en la forma que el pliego general de condiciones económicas determina.
4. Por horas de trabajo según las condiciones determinadas en el contrato.

2.4.4.2. Certificaciones.

Lo ejecutado se valorará aplicando al resultado de la medición los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, considerando además lo establecido en el pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material.

A partir de la relación valorada, el ingeniero expedirá la certificación de obras ejecutadas. La certificación se remitirá al propietario en el período de un mes posterior al que referencia la certificación y tendrá el carácter de documento sujeto a variaciones

derivadas de la liquidación final, no suponiendo dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

2.4.4.3. Pagos.

Los pagos los efectuará el propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra conformadas por el ingeniero director.

2.5. CONDICIONES LEGALES GENERALES

Ambas partes se comprometen en sus diferencias al arbitrio de amigables componedores.

2.5.1. El Contratista

Los contratistas son responsables dela ejecución de los trabajos en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos del proyecto. Por tanto están obligados a la ejecución de todo lo mal ejecutado. Asimismo se obliga a lo establecido en la ley de contratos de trabajo y dispuesto en la de accidentes de trabajo, subsidio familiar y seguros sociales.

2.5.2. El Contrato.

El contrato se establece entre la propiedad o promotor y el contratista. Hay varias modalidades:

- A precio alzado: Se estipula una cantidad para las obras que no se modificará aunque el volumen de las obras se modifique. Sirve para obras pequeñas,
- Contrato por unidades de obra.

2.5.3. Adjudicación.

Por tratarse de una obra realizada por una entidad privada se hará por adjudicación directa, basada en la seriedad y solvencia de la contrata.

2.6. CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES

Se trata de una adecuación de las instalaciones ya existentes de un conjunto global para la utilización de la industria microcerveera vinculada a actividad de restauración.

2.6.1. Fontanería.

En las instalaciones de fontanería regirán las “Normas Básicas para instalaciones interiores de suministro de agua”.

2.6.2. Instalación Eléctrica.

La instalación cumplirá con todos los artículos e Instituciones Técnicas Complementarias contenidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) que le sean aplicables.

2.6.3. Obra Civil.

No aplica en el presente proyecto.

2.6.4. Protección Contra Incendios.

No aplica en el presente proyecto.

2.6.5. Otros Trabajos.

Cualquier otro trabajo que se realice cuyas condiciones no estén expresamente determinadas en este pliego de condiciones se regirá por las órdenes de la dirección facultativa y por el pliego general de condiciones técnicas de la Dirección General de Ingeniería, el conjunto de normas relacionadas y la buena práctica de la construcción, siempre sin separarse del espíritu del resto de documentos del proyecto.

3. PLIEGO DE CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA INSTALACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS. ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINARIA INSTALADA.

3.1. OBJETO

El objeto del presente pliego es establecer las condiciones de instalación de las máquinas y equipos, establece los procedimientos y requisitos que permiten una mayor seguridad en la utilización de máquinas; asimismo, se establecerán las características técnicas de la maquinaria instalada.

La instalación de la maquinaria se hará de acuerdo con las especificaciones y directrices

del administrador-suministrador y/o fabricante de la maquinaria o equipo conjuntamente con la supervisión de la Dirección de Obra, siendo responsabilidad de los contratistas la observación de todas las condiciones de montaje e instalación indicadas en el presente pliego.

Además de las condiciones de este pliego, la contrata encargada de la instalación de cada equipo es la responsable del cumplimiento de la reglamentación vigente.

3.2. NORMATIVA VIGENTE

El reglamento a observar en la instalación de la maquinaria es a nivel nacional el R.D. 1215/1997 de 18 de julio sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo y el R.D. 1435/1992 de 27 de noviembre sobre disposiciones mínimas de aplicación de la Directiva del Consejo Europeo 89/392/CEE, modificado por el R.D. 56/1995 de 20 de enero, y a nivel comunitario la Directiva 93/68/CEE de 22 de julio sobre la evaluación, conformidad y marcado CE de conformidad, la Directiva 89/655/CEE modificada por la Directiva 95/63/CEE de 5 de diciembre.

Dicha normativa se inscribe en la línea de política prevencionista de evitar los riesgos en su origen, de ahí que se insista en aspectos como la homologación de la maquinaria, como requisito para su instalación, funcionamiento, mantenimiento o reparación.

3.3. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS

El fabricante de las máquinas o elementos de máquinas a instalar será responsable de que al salir de fábrica cumplan las condiciones necesarias para el empleo previsto así como el cumplimiento de las exigencias previstas en la normativa vigente.

Dichas especificaciones se podrán atestiguar por alguna de las formas siguientes:

- Por autocertificación del fabricante.
- Mediante certificado extendido por una Entidad colaboradora, o por un laboratorio o por ambos acreditados por el MINER, después de realizar un previo control técnico sobre la máquina o elemento de que se trate.

Cuando se trate de máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección

procedentes de algún Estado miembro de la Comunidad Económica Europea o de otros países con los que existe un acuerdo de reciprocidad en este sentido, los certificados a que se refiere el párrafo anterior podrán ser extendidos, en su caso, por Organismos de Control legalmente reconocidos en el país de origen, siempre que ofrezcan garantías técnicas, profesionales y de independencia equivalentes exigidas por la legislación española a las Entidades de Inspección y Control Reglamentario y a los Laboratorios Acreditados: mediante la correspondiente homologación realizada por el Centro directivo del Ministerio de Industria y Energía competente en Seguridad Industrial de acuerdo con lo indicado en el artículo siguiente.

Si se trata de máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección que, de acuerdo con la ITC correspondiente, quedan sometidas al requisito de homologación, la seguridad equivalente de las reglamentaciones de los demás Estados miembros de la Comunidad Económica Europea deberá ser acreditada conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 105/1988, de 12 de febrero. Cada máquina o elemento de máquina irá acompañado de las correspondientes instrucciones de montaje, uso y mantenimiento, así como de las medidas preventivas de accidentes.

3.4. INSTALADORES

Sin perjuicio de las atribuciones específicas concedidas por el Estado a los Técnicos titulados, las instalaciones podrán ser realizadas por personas físicas o jurídicas que acrediten cumplir las condiciones requeridas en cada Instrucción Técnica Complementaria para ejercer como instaladores autorizados, en todo caso, estar inscritos en el Órgano Territorial competente de la Administración Pública, para lo cual cumplirá, como mínimo, los siguientes requisitos:

- Poseer los medios técnicos y humanos que se especifiquen en cada ITC.
- Tener cubierta la responsabilidad civil que pueda derivarse de su actuación mediante la correspondiente póliza de seguros.
- Responsabilizarse de que la ejecución de las instalaciones se efectúa de acuerdo con las normas reglamentarias de seguridad y que han sido efectuadas con resultado satisfactorio las pruebas y ensayos exigidos.

3.5. USUARIOS

Los usuarios de las máquinas están obligados a no utilizar más que aquellas que cumplan las especificaciones establecidas en el Reglamento de Seguridad en Máquinas, por lo que se exigirá al vendedor, importador o una justificación de que están debidamente homologadas o, en su caso, certificado de que cumplen las especificaciones exigidas por el citado reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Además, tendrán las siguientes obligaciones:

- Mantener, o en su caso contratar, el mantenimiento de las máquinas de que se trate, de tal forma que se conserven las condiciones de seguridad exigidas.
- Impedir su utilización cuando tenga conocimiento de que no ofrecen las debidas garantías de seguridad para las personas o los bienes.
- Responsabilizarse de que las revisiones e inspecciones reglamentarias se efectúan en los plazos fijados.

Los usuarios podrán instalar, reparar y conservar sus máquinas si poseen medios humanos y materiales necesarios para ello, en los términos que establezca la correspondiente ITC.

3.6. IDENTIFICACIÓN DE LA MÁQUINA E INSTRUC. DE USO

Toda máquina, equipo o sistema de protección debe ir acompañado de unas instrucciones de uso extendidas por el fabricante o importador, en las cuales figurarán las especificaciones de manutención, instalación y utilización, así como las normas de seguridad y cualesquiera otras instrucciones que de forma específica sean exigidas en las correspondientes ITC.

Estas instrucciones incluirán los planos y esquemas necesarios para el mantenimiento y verificación técnica, estarán redactadas al menos en castellano, y se ajustarán a las normas UNE que les sean de aplicación.

Llevarán además, una placa en la cual figurarán, como mínimo, los siguientes datos, escritos al menos en castellano:

- Nombre del fabricante.
- Año de fabricación y/o suministro.
- Tipo y número de fabricación.
- Potencia en KW.
- Contraseña de homologación, si procede.

Estas placas serán hechas de materiales duraderos y se fijarán sólidamente, procurándose que sus inscripciones sean fácilmente legibles una vez esté la máquina instalada.

3.7. INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

La puesta en funcionamiento se efectuará de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 2135/1981, no precisando otro requisito que la presentación ante el Órgano Territorial competente de la Administración Pública de un certificado expedido por técnico competente, en el que se ponga de manifiesto la adaptación de la obra al proyecto y cumplimiento de las condiciones técnicas y prescripciones establecidas por este Reglamento y sus ITC.

3.8. INSPECCIONES Y REVISIONES PERIÓDICAS

Las inspecciones de carácter general se llevarán a efecto por el Órgano Territorial competente de la Administración Pública, o si éste así lo establece, por una Entidad colaboradora en el campo de la Seguridad Industrial, pero en todo caso los certificados de inspección serán emitidos por el Órgano Territorial competente de la Administración Pública, a la vista de las actas de revisión extendidas por dichas Entidades y después de la supervisión de las mismas.

3.9. REGLAS GENERALES DE SEGURIDAD

3.9.1. Medidas Preventivas Generales.

Las máquinas, elementos constitutivos de éstas o aparatos acoplados a ellas estarán diseñados y contruidos de forma que las personas no estén expuestas a sus peligros cuando su montaje, utilización y mantenimiento se efectúe conforme a las condiciones

previstas por el fabricante.

Las diferentes partes de las máquinas, así como sus elementos constitutivos deben poder resistir a lo largo del tiempo los esfuerzos a que vayan a estar sometidos, así como cualquier otra influencia externa o interna que puedan presentarse en las condiciones normales de utilización previstas.

Cuando existan partes de la máquina cuya pérdida de sujeción pueda dar lugar a peligros, deberán tomarse precauciones adicionales para evitar que dichas partes puedan incidir sobre las personas.

3.9.2. Estabilidad de las Máquinas,

Para evitar la pérdida de estabilidad de la máquina, especialmente durante su funcionamiento normal, se tomarán las medidas técnicas adecuadas, de acuerdo con las condiciones de instalación y de utilización previstas por el fabricante.

3.9.3. Partes Accesibles.

En las partes accesibles de las máquinas no deberán existir aristas agudas o cortantes que puedan producir heridas.

3.9.4. Elementos Móviles.

Los elementos móviles de las máquinas y de los aparatos utilizados para la transmisión de energía o movimiento deben concebirse, construirse, disponerse o protegerse de forma que prevengan todo peligro de contacto que pueda originar accidentes.

Siempre que sea factible, los elementos móviles de las máquinas o aparatos que ejecutan el trabajo y, en su caso, los materiales o piezas a trabajar, deben concebirse, construirse, disponerse y/o mandarse de forma que no impliquen peligro para las personas.

Cuando la instalación esté constituida por un conjunto de máquinas o una máquina está formada por diversas partes que trabajan de forma interdependiente, y es necesario efectuar pruebas individuales del trabajo que efectúan dichas máquinas o algunas de sus partes, la protección general del conjunto de hará sin perjuicio de que cada máquina o parte de ella disponga de un sistema de protección adecuado.

3.9.5. Máquinas Eléctricas.

Las máquinas alimentadas con energía eléctrica deberán proyectarse, construirse, equiparse, mantenerse y, en caso contrario, dotarse de adecuados sistemas de protección de forma que se prevengan los peligros de origen eléctrico.

3.9.6. Ruidos y Vibraciones.

Las máquinas deberán diseñarse, construirse, montarse, protegerse y, en caso necesario, mantenerse para amortiguar los ruidos y las vibraciones producidos a fin de no ocasionar daños para la salud de las personas. En cualquier caso, se evitará la emisión por las mismas de ruidos de nivel superior a los límites establecidos por la normativa vigente en cada momento.

3.9.7. Puesto de Mando de las Máquinas.

Los puestos de mando de las máquinas deben ser fácilmente accesibles para los trabajadores, y estar situados fuera de toda zona donde puedan existir peligros para los mismos. Desde dicha zona y estando en posición de accionar los mandos, el trabajador debe tener la mayor visibilidad posible de la máquina, en especial de sus partes peligrosas.

3.9.8. Puesta en Marcha de las Máquinas.

La puesta en marcha de la máquina sólo será posible cuando estén garantizadas las condiciones de seguridad para las personas y para la propia máquina. Los órganos de puesta en marcha deben ser fácilmente accesibles para los trabajadores, estar situados lejos de zonas de peligro, y protegidos de forma que se eviten accionamientos involuntarios.

Si una máquina se para aunque sea momentáneamente por un fallo en su alimentación de energía, y su puesta en marcha inesperada pueda suponer peligro, no podrá ponerse en marcha automáticamente al ser restablecida la alimentación de energía.

Si la parada de una máquina se produce por la actuación de un sistema de protección, la nueva puesta en marcha sólo será posible después de restablecidas las condiciones de seguridad y previo accionamiento del órgano que ordena la puesta en marcha.

Las máquinas o conjunto de ellas en que desde el puesto de mando no puede verse su

totalidad y puedan suponer peligro para las personas en su puesta en marcha, se dotarán de alarma adecuada que sea fácilmente perceptible por las personas. Dicha alarma actuando en tiempo adecuado procederá a la puesta en marcha de la máquina y se conectará de forma automática al pulsar los órganos de puesta en marcha.

3.9.9. Desconexión de la Máquina.

En toda máquina debe existir un dispositivo manual que permita al final de su utilización su puesta en condiciones de la mayor seguridad (máquina parada). Este dispositivo debe asegurar en una sola maniobra la interrupción de todas las funciones de la máquina, salvo que la anulación de alguna de ellas pueda dar lugar a peligro para las personas, o daños a la máquina. En este caso, tal función podrá ser mantenida o bien diferida su desconexión hasta que no exista peligro.

3.9.10. Parada de Emergencia.

Toda máquina que pueda necesitar ser parada lo más rápidamente posible, con el fin de evitar o minimizar los posibles daños, deberá estar dotada de un sistema de paro de emergencia.

En todo caso, la parada de emergencia no supondrá nuevos riesgos para las personas.

3.9.11. Mantenimiento, Ajuste, Regulación, Engrase, Alimentación u Otras Operaciones a Efectuar en las Máquinas.

Las máquinas deberán estar diseñadas para que las operaciones de verificación, reglaje, regulación, engrase o limpieza se puedan efectuar sin peligro para el personal, en lo posible desde lugares fácilmente accesibles, y sin necesidad de eliminar los sistemas de protección.

En caso de que dichas operaciones u otras, tengan que efectuarse con la máquina o los elementos peligrosos en marcha y anulados los sistemas de protección, al anular el sistema de protección se deberá cumplir:

- La máquina sólo podrá funcionar a velocidad muy reducida, golpe a golpe, o a esfuerzo reducido.
- El mando de la puesta en marcha será sensitiva. Siempre que sea posible, dicho

mando deberá disponerse de forma que permita al operario ver los movimientos mandados.

En cualquier caso deberán darse, al menos en castellano, las instrucciones precisas para que las operaciones de reglaje, ajuste, verificación o mantenimiento se puedan efectuar con seguridad. Esta prescripción es particularmente importante en el caso de existir peligros de difícil detección o cuando después de la interrupción de la energía existan movimientos debidos a la inercia.

3.9.12. Transporte.

Se darán las instrucciones y se dotará de los medios adecuados para que el transporte y la manutención se pueda efectuar con el menor peligro posible. A estos efectos, en máquinas estacionarias:

- Se indicará el peso de las máquinas o partes desmontables de éstas que tengan peso superior a 500 kilogramos.
- Se indicará la posición de transporte que garantice la estabilidad de la máquina, y se sujetará de forma apropiada.
- Aquellas máquinas o partes de difícil amarre se dotarán de puntos de sujeción de resistencia apropiada; en todos los casos se indicará, al menos en castellano, la forma de efectuar el amarre correctamente.

Cuando en algún caso, debidamente justificado no puedan incluirse alguna o algunas de las protecciones a que se refieren los artículos anteriores, el fabricante deberá indicar al menos en castellano qué medidas adicionales deben tomarse <<in situ>> a fin de que la máquina, una vez instalada cuente con toda las protecciones a que se refiere este capítulo.

3.10. CARACTERÍSTICAS DE LA MAQUINARIA

Todos y cada uno de los equipos instalados tendrá las características de capacidad, potencia, consumos de energía y dimensiones indicadas en la documentación del proyecto, y en virtud de las cuales han sido escogidos y se han dimensionado el resto de instalaciones de la industria.

Los fabricantes y/o suministradores de los equipos y máquinas a instalar se comprometerán a garantizar las especificaciones exigidas a los mismos en el proyecto, especificaciones que se corresponden con los datos proporcionados por el fabricante en su información comercial y catálogos.

No se admitirá la instalación de equipos distintos de los especificados en la memoria del proyecto, salvo por causas de fuerza mayor o imprevistos.

4. CONDICIÓN FINAL

Los documentos redactados por el ingeniero que suscribe, así como el conjunto de normas y condiciones que figuran en este pliego de condiciones y las que de acuerdo con éste sean de aplicación del pliego de condiciones varias de la edificación, aprobado por el Consejo Superior de Ingenieros de España y adoptado por la Dirección General de Ingeniería, constituyen el contrato que determina y regula las obligaciones y derechos de las partes contratantes, las cuales se obligan a dirimir sus diferencias por amigables componedores y preferentemente el Ingeniero Director de obras o por los ingenieros designados a este efecto por la Delegación Provincial correspondiente al Colegio de Ingenieros.