

03-032

DESIGN OF THE PRODUCTION PROCESS OF CRAFT BEER AND ENTREPRENEURSHIP OF A BREWERY FOR THE PRODUCTION OF 300 LITERS DAY

Toledo Garrido, Susana⁽²⁾; Garcia Fayos, Beatriz⁽²⁾; Sancho Fernandez, Maria⁽²⁾; Arnal Arnal, Jose Miguel⁽²⁾

⁽¹⁾Universitat Politècnica de València, ⁽²⁾Universitat Politècnica de valència

In the last years, the brewing industry has experienced a remarkable expansion which was clear due to a constant increase. A greater preference of consumers is also observed to craft beers. Consumers, increasingly demanding, appreciate the tastes and flavors that provide this type of beers, as well as appreciate a higher quality with respect to industrial ones. The object of this work is the creation of a microbrewery that it will manufacture different types of craft beer, varieties ale and lager. First it will be described in detail the process of craft brewing production specifying, among others, types of ingredients used as well as the stages of maceration, boiling and fermentation. In addition, it will be described the creation of the company, the economic study, and the design of the production process (set-up and optimization) for the materialization of a craft brewery as main items. Finally, it should be stated that this work was the master science thesis project of chemical engineering degree of the student author as an alternative option of self-employment entrepreneurship at the end of her studies.

Keywords: *craft beer; microbrewery; Company start-up; project*

DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CERVEZA ARTESANAL Y EMPRENDIMIENTO DE UNA MICROCERVECERÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE 300 LITROS POR DÍA

En los últimos años, el sector cervecero ha experimentado una notable expansión que se manifiesta con un constante crecimiento. Además se observa una mayor preferencia por las cervezas artesanales. Los consumidores, cada vez más exigentes, valoran los distintos matices y sabores que aportan este tipo de cervezas, además de apreciar una mayor calidad respecto a las cervezas industriales. El objeto de este trabajo es la creación de una micro cervecería artesanal donde se fabricará distintos tipos de cerveza, variedades ale y lager. En primer lugar se describirá con detalle el proceso de elaboración de cerveza artesanal especificando entre otros los tipos de ingredientes utilizados así como las etapas de maceración, cocción y fermentación. Además, se describirá la creación de la empresa, el estudio económico, y el diseño del proceso productivo (su puesta a punto y optimización) para la materialización de una microcervecería artesana como aspectos fundamentales. Este trabajo fue el proyecto final de carrera de la titulación de ingeniería química de la alumna autora como opción alternativa de autoempleo de carácter emprendedor al finalizar sus estudios

Palabras clave: *cerveza artesanal; microcerveceria; creación empresa; proyecto*

Correspondencia: Beatriz Garcia Fayos (beagarfa@iqn.upv.es)



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La cerveza es una bebida ampliamente conocida en todo el mundo, se fabricaba originalmente con trigo, que era el cereal más abundante y que mejor se cosechaba. En la Edad Media los Monjes, en los monasterios, lograron mejorar el aspecto, el sabor y el aroma de la cerveza, sustituyendo progresivamente la cebada por el trigo.

A finales del siglo XV, Guillermo IV promulga la primera ley de pureza de la cerveza alemana que prescribía el uso exclusivo de malta (tostación del grano semi-germinado) de cebada, agua, lúpulo y levadura en su fabricación. A finales del siglo XVIII con la incorporación en la industria de la máquina de vapor, la industria crece exponencialmente, y se descubre la producción en frío de la cerveza.

A finales del siglo XIX cobraron mucha importancia los descubrimientos de Pasteur relativos al proceso de fermentación. La industria ha continuado creciendo hasta la actualidad, considerándose la séptima bebida más consumida a nivel mundial, y la segunda bebida alcohólica más consumida.

1.1. Cerveza y salud

La cerveza se ha relacionado con la salud y la belleza desde el principio de su descubrimiento. Además de su bajo contenido calórico (90Kcal por cada 200ml), contiene, la siguiente relación de nutrientes: Vitaminas, Ácido Fólico, Polifenoles, Fibra, Silicio, Alcohol Etilico y Maltodextrinas.

1.2. Proceso de fabricación artesanal de la cerveza

El proceso de elaboración de cerveza artesanal, es un proceso de baja automatización, cuyo objetivo estratégico principal es la calidad del producto final, a diferencia de las cervezas de fabricación industrial.

Como resumen para elaborar cerveza de forma artesanal en primer lugar se produce la recepción y almacenamiento de las materias primas, después la preparación de las mismas: molturación de la malta, tratamiento previo del agua, lúpulo y levadura. Tras la preparación de las materias primas, viene uno de los procesos más importantes en la elaboración de cerveza: la maceración de la malta, donde se obtiene el mosto por medio de un proceso de filtración. Una vez obtenido el mosto se procede a la cocción y lupulizado. Después, el mosto obtenido se enfría, para llevar a cabo la fermentación del mismo. Tras la fermentación se obtiene la llamada "cerveza verde" que es una cerveza que pasará por un proceso de maduración y almacenamiento. Finalmente, se envasa en botellines, donde tras realizar la tercera fermentación, se procederá a su venta.

a) Recepción y preparación: El agua, suele ser agua de red, acondicionada mediante tratamientos físico-químicos, además, suele almacenarse en tanques con sistemas de intercambio de calor con el objetivo de tenerla a temperatura óptima de proceso. Los parámetros más importantes a controlar son: alcalinidad y pH, dureza, cloruros, otros iones (Na^+ , SO_4^{2-}) para cumplir con la RD 140/2003, que establece la calidad mínima del agua necesaria para la elaboración de alimentos.

La malta de cebada, es recibida a granel y almacenada. Previo a la producción de la cerveza, la malta es molturada. Existen, básicamente dos modos de molturación: *en húmedo* y *en seco*. El tamaño ideal de la malta de cebada para realizar la maceración estaría comprendido entre 0,5 y 1 mm para la correcta extracción de los azúcares.

El lúpulo, para la fabricación de cerveza artesanal, sólo se permite la utilización del lúpulo fresco (son conos de lúpulo sin procesar), en flor (conos secos) o en pellets (conos rallados)

y comprimidos en forma cilíndrica) tal y como se muestra en la Figura 1. Para todos los tipos la adición se realiza directamente en los tanques de cocción y lupulización.

Figura 1: Tipos de lúpulo (Choicenature, 2017; Cervezabaku, 2017; Anon, 2017)



La levadura, se suelen comprar en forma de levadura seca, aunque también están disponibles en formato líquido. Para la utilización del formato seco es necesario rehidratarlas previamente a la introducción en el proceso de fermentación. El tipo de levadura empleada puede variar en función del tipo de cerveza que se esté produciendo, pero generalmente del género *Saccharomyces*, la más común es la especie *Saccharomyces cerevisiae*.

b) Maceración: para realizar la maceración existen básicamente 2 métodos: por infusión y por decocción, en esta etapa se añade únicamente el agua y la malta, también llamado “empaste”. El más común en la producción de cerveza artesanal es por infusión, que consiste en el aumento progresivo de temperatura hasta llegar a temperatura de acción hidrolítica de las enzimas tal y como se indica en la Tabla 1.

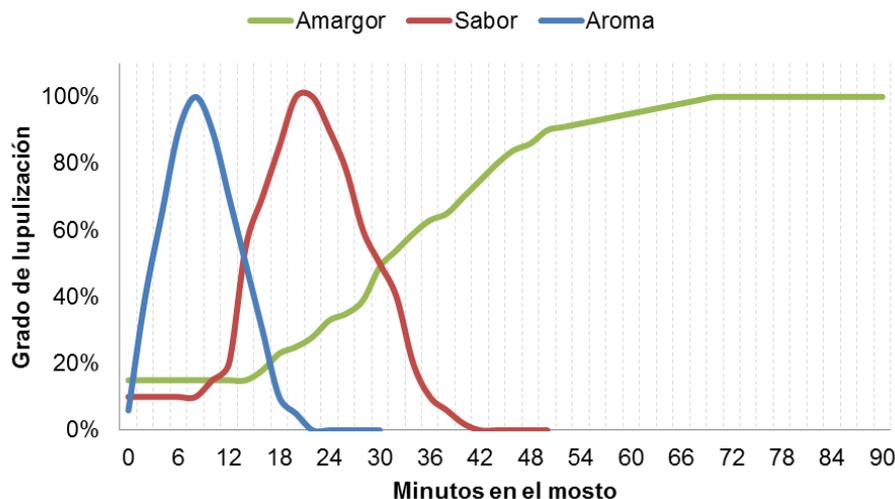
Tabla 1. Rangos de temperaturas para enzimas hidrolíticas (Ornelas, 2017)

Temperatura (°C)	Enzima	Función
45-50	Proteasas	Degrada los enlaces peptídicos de las proteínas no deseadas.
60-63	Límite dextrinasa	Degrada los almidones grandes en almidones más pequeños accesibles a la amilasa alfa
67-75	α -amilasa	Rompe las cadenas de almidón produciendo azúcares, que pueden o no ser fermentables.
60-65	β -amilasa	Transforma los azúcares complejos en azúcares fermentables más simples

c) Filtración: En esta etapa el mosto es separado del bagazo (parte sólida). Existen, básicamente, dos métodos: Cuba-filtro y Filtro prensa. Ambos son aplicados en el proceso artesanal, el primero es más utilizado en cervecerías con lotes más pequeños.

d) Cocción y lupulización: La cocción, frena la actividad enzimática mediante la ebullición del mosto. Es, junto con la maceración y fermentación, una de las etapas más importantes. El proceso artesanal suele emplear tanques de cocción alimentados por energía eléctrica. La adición del lúpulo en esta etapa se hace de forma progresiva, ya que es una planta y se degrada. Dependiendo del grado de lupulización y del tiempo que permanezca en la etapa el lúpulo, el lúpulo aportado muestra una u otra característica organoléptica (aroma, amargor y sabor) en la cerveza final según muestra la Figura 2.

Figura 2: Aportación del lúpulo según el tiempo de cocción



e) Enfriamiento y fermentación: El enfriamiento, debe realizarse de la forma más rápida posible. Suele realizarse mediante intercambiadores de calor de placas. Tras el enfriamiento el mosto es almacenado en el tanque de fermentación a la temperatura adecuada, donde se le adiciona la o las levaduras necesarias para la elaboración de este tipo de cerveza. A mitad de fermentación suele decantarse en otro fermentador para que realice la segunda fermentación.

f) Envasado y etiquetado: El envasado, se puede realizar mediante máquinas semi-automáticas o manuales. Antes del chapado, se le debe añadir a la cerveza la cantidad de azúcares necesarios para que realice la tercera fermentación, que aporta el gas carbónico que ayuda a formar la espuma característica de la cerveza. Por último, se etiqueta.

1.3. Tipos de cerveza

Existe una gran variedad de tipos de cerveza que se pueden clasificar de muchas formas diferentes. Además, es un producto en continua evolución. Como en la cocina, cada receta para elaborar cerveza se puede interpretar de distintas maneras, y se le pueden añadir una infinidad de ingredientes que hacen cada cerveza distinta de las demás.

Se puede clasificar según su: Temperatura de fermentación (Ale o Lager), Porcentaje de materia prima (Extra, Especiales, Normales), Color (Rubia, Roja, Negra...), Cereales añadidos (de Trigo, de Centeno...), Grado Alcohólico (Bajo contenido alcohólico, Sin alcohol, 0,0%). Las últimas novedades son por ejemplo: la cerveza de cereza (Kriek), de romero, de horchata o de jengibre entre otras.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es el diseño de una planta de producción de cerveza artesanal para obtener 300 litros de cerveza/día. Para poder lograr dicho objetivo, se deberán alcanzar otros más específicos, como:

- Diseño de las etapas de producción de cerveza artesanal, en micro-escala (lotes de 30 litros), para evaluar los impactos y definir las variables más importantes para el diseño de la planta industrial.
- Identificación los residuos generados en la planta y su correspondiente gestión, valorización o reutilización aplicando la legislación regional, nacional y europea vigente.
- Extrapolación de los resultados obtenidos del diseño de experimentos al dimensionado de los diferentes equipos utilizados en la planta con producción de 300 litros/día.

3. Ensayos experimentales

Para establecer el método de fabricación y analizar el rendimiento del proceso de producción de cerveza artesanal, los ensayos experimentales se han realizado con una planta piloto de fabricación de cerveza artesanal para 27 litros. Estos resultados serán tomados como base para la definición del proceso de fabricación industrial artesanal.

3.1. Materias primas necesarias

Las materias primas necesarias para llevar a cabo las experiencias son las enumeradas en la Tabla 2:

Tabla 2. Características de las materias primas

Materia prima	Marca	Embalaje	Capacidad
Malta en grano	WEYERMANN®	Bolsas al vacío	500g, 1kg, 5kg.
Lúpulo en flor	-	Bolsas de aluminio	100g, 250g o 500g.
Agua embotellada	Cortes	Garrafas	5 litros
Levadura seca	FERMENTIS®	Sobres	11,5 g
Azúcar Moreno	AZUCARERA®	Sacos de papel	1kg
Esterilizante ($2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}_2$)	CHEMIPRO®	Botella plástico	250ml

Como se puede observar, se trabaja únicamente con 6 tipos de materia prima, las capacidades de estas variarán en función de su necesidad para elaborar las formulaciones.

3.2. Metodología experimental

Para definir el proceso de producción de cada cerveza artesanal se ensayan tres veces tres formulaciones distintas, 2 Ale y una Lager. Como ejemplo, para este resumen se muestran los resultados de los ensayos de la formulación tipo Ale roja "Copper". Previo a estos ensayos en planta piloto, se han probado las diferentes formulaciones a escala de laboratorio ajustando la cantidad de materias primas.

Es muy importante que antes de proceder a realizar el ensayo se revise la limpieza de todos los utensilios que se van a utilizar, así como durante todas las fases del experimento.

Para elaborar la formulación se han necesitado las materias primas recogidas en la Tabla 3.

Tabla 3. Formulación Tipo Ale roja “Copper”

Materia prima	Tipo	Marca	Cantidad	Unidades
AGUA	Embotellada Premium Pilsner	Cortés WEYERMANN®	20 2,5	Litros Kg
MALTA	Monasterio Melanoidin	WEYERMANN® WEYERMANN®	1,5 1,0	Kg Kg
LEVADURA SECA	Saf-Ale S-04 Magnum Flor	FERMENTIS®	11,5	g
LÚPULO AMARG.	(7,9% A.A.) Perle Flor	CER. ART.	9,0	g
LÚPULO SABOR	(5,1% A.A.) Perle Flor	CER. ART.	9,0	g
LÚPULO AROMA	(5,1% A.A.) Perle Flor	CER. ART.	6,0	g
AZÚCAR	MORENO	AZUCARERA®	1,9	g
Esterilizante (2Na ₂ CO ₃ · 3H ₂ O ₂)	-	CHEMIPRO®	n/a	n/a

Los parámetros de operación son los recogidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Condiciones de operación Tipo Ale roja “Copper”

Operación	Tiempo (min)	Temperatura(°C)	Comentarios
<i>MACERACIÓN</i>	15	45	
	60	63	
<i>FILTRACIÓN</i>	15	72	
	30 aprox.	-	
<i>COCCIÓN</i>	90	-	Ebullición
	Desde 0	-	Ebullición
<i>LUPULIZACIÓN</i>	A partir de 75	-	Ebullición
	A partir de 88	-	Ebullición
<i>ENFRIAMIENTO</i>	25	Hasta 19	
<i>1ª FERMENT.</i>	5 (días)	20	
<i>2ª FERMENT.</i>	5 (días)	20	
<i>ENVASADO</i>	-	-	Botellín 33 cl.
<i>3ª FERMET.</i>	10 (días)	20	

3.3. Análisis de la calidad

Durante la elaboración de la cerveza se han ido realizando controles de calidad, consistentes en el control del color, turbidez y olor de las fermentaciones.

El producto final se encuentra embotellado. El control de calidad en este caso consiste en realizar un muestreo aleatorio y un análisis sensorial que consta de la determinación de: Apariencia (Transparencia, Color, Formación de burbujas y Espuma) y Flavor (Gusto, Aroma y Sensación en boca).

3.4. Resultados de los ensayos realizados

A modo de ejemplo se muestran los resultados experimentales obtenidos para uno de los lotes producidos de cerveza. Se muestran las características de la cerveza obtenida y por otro lado del registro del proceso y de las incidencias ocurridas durante el mismo.

En la Tabla 5 se muestra el resumen de los resultados. Al finalizar la producción se determina el %v/v de alcohol, el rendimiento de la operación y el ESP con el fin de analizar si los valores obtenidos están dentro de los objetivos establecidos. El ESP, son las siglas correspondientes a Extracto Seco Primitivo y son el conjunto de ingredientes orgánicos que componen el mosto antes de la fermentación, con excepción del agua. Su cantidad se expresa en gramos de ESP por cada 100 gramos de mosto.

Se observa que el valor del ESP en este caso es del 36 %, un 11 % superior al valor esperado. Esta desviación puede deberse a la alta evaporación de agua durante la maceración y la cocción. No obstante, se debe corregir haciendo una recirculación del agua mediante un intercambiador de calor para evitar bajos niveles de rendimiento del proceso.

Tabla 5. Resultados cerveza Ale roja “Copper”

Descripción	Resultado	Unidades	Valor Objetivo
Litros cerveza final	13,8	Litros	19
Densidad del mosto tras la cocción(OG)	1080	g/l	-
Densidad final de la cerveza verde(FG)	1020	g/l	-
ESP	36	%	25
Rendimiento de operación final	69	%	95
%V/V	7,8	% alc.	7

A) Evaluación del proceso

En la Figura 3 se muestran los tiempos empleados en las diferentes etapas, así como los resultados y/o comentario en cada una de las etapas.

Se puede apreciar cómo, tras el filtrado, al observarse poco mosto, se lava la malta y se intenta corregir la evaporación de la maceración con la adición de agua.

Figura 3: Evaluación del proceso de fabricación cerveza ale roja “Copper”

Etapa	Sub-etapa e incidencias.	Tiempo	Uds.	Comentarios
<i>Preparación materias primas</i>	Molurado	15	min	
	Subtotal	15	min	
<i>Maceración</i>	Calentamiento agua	20	min	Al finalizar se toma una muestra de este primer mosto.
	Rango temperatura 1 (50-52°C).	15	min	
	Rango temperatura 2 (62-67°C).	60	min	
	Rango temperatura 3 (70-75°C).	15	min	
Subtotal	110	min		
<i>Filtrado</i>	Vaciado inicial de reactor 27 litros	15	min	Tras la maceración se obtienen 13 litros de mosto. Se añaden en el lavado de la malta 3 litros de agua más.
	Lavado de malta.	10	min	
Subtotal	25	min		
<i>Cocción</i>	Lupulizado (Temperatura mosto inicial 74°C)	90	min	Toma de muestra para el posterior cálculo de % V/V.
Subtotal	90	min		
<i>Enfriamiento</i>	Enfriamiento hasta los 27°C.	25	min	
Subtotal	25	min		
<i>Fermentación</i>	1ª Fermentación (a 15°C)	5	días	Toma de muestra para el posterior cálculo de % V/V.
	2ª Fermentación	5	días	
Subtotal	14400	min		
<i>Envasado</i>	Adición de azúcar. 1,2 gramos/botella	10	min	
	Envasado, chapado de 40 botellines	30	min	
Subtotal	40	min		
<i>3ª Fermentación</i>	Guarda/Almacenamiento	10	días	
Subtotal	14400	min		
Total min	28990	min		
Total días	21,00	días		

B) Análisis Organoléptico

La cerveza obtenida presenta un sabor potente, algo amargo debido al tipo de lúpulo utilizado, pero dentro de lo habitual para este tipo de cerveza. Color rojo pajizo. Pocos posos de la tercera fermentación. Espuma densa, color blanco y aguanta firme un tiempo prolongado. Gas correcto. No se aprecia excesiva turbidez.

C) Conclusiones Generales Cerveza “Copper”

Se ha determinado, tras realizar el análisis sensorial de los lotes, que la formulación para estos lotes es la adecuada, y que las cantidades de malta, así como los porcentajes de “alpha-acids” son los idóneos.

Se ha observado que el rendimiento de la operación es bajo y que para trasladarlo a un nivel industrial no es suficiente. Especialmente se deberá mejorar el filtrado que es la operación en la que mayor sustrato se pierde.

También se debería mejorar la cantidad de ESP consiguiendo resultados de densidad similares, sin perder tanta agua en la maceración y en la cocción.

Se podría decir que la clasificación de este tipo de cerveza sería una Ale americana (tostada) con un contenido alcohólico de unos 7,5%. Esta cerveza destaca por su sabor ahumado y tostado, y tiene mucha aceptación entre los consumidores.

4. Diseño planta industrial

El diseño del proceso de fabricación incluye la definición del plan de producción, el proceso productivo, la selección y dimensionado de los equipos así como su distribución en planta, balances de materia y energía, gestión y tratamiento de los residuos producidos, plan de limpieza y mantenimiento de los equipos, y la valoración económica de la inversión necesaria, de los costes de producción y del precio del producto final para valorar su competitividad en el mercado actual de cervezas artesanales.

4.1. Estudio de las etapas

Para hacer más sencillo el estudio de las etapas y el dimensionamiento de la necesidad de equipos en la planta se ha realizado y estudiado el Diagrama de Pert obteniendo las etapas críticas, mostradas en la Tabla 6, para el proceso productivo.

Tabla 6. Etapas Críticas

Descripción	Duración (horas)
<i>Tratamiento del agua</i>	24,00
<i>Maceración</i>	1,50
<i>Filtración</i>	0,42
<i>Cocción</i>	1,00
<i>Enfriamiento</i>	0,25
<i>1ª Fermentación</i>	120,00
<i>2ª Fermentación</i>	120,00
<i>Envasado</i>	1,50
<i>3ª Fermentación</i>	140,00

La etapa *Tratamiento del agua* es crítica, puesto que se va a tomar agua de red y el agua deberá ser tratada. Para eliminar este cuello de botella, y también para evitar paros en la fabricación por posibles cortes de suministro de agua, se va a duplicar la capacidad de almacenamiento del depósito de agua y así esta etapa dejará de ser crítica.

Las etapas *Maceración*, *Filtración*, *Cocción* y *Enfriamiento* son críticas pero son etapas de duración inferior a las 2 horas, esto quiere decir que el tiempo de ocupación de los equipos será de 2 horas, como solamente se va a hacer un lote por día, es suficiente para estas etapas disponer de 1 sólo equipo.

Las etapas críticas *1ª y 2ª Fermentación* tienen una duración superior al día, por lo que como la producción de la cerveza es diaria se necesitará duplicar el número de equipos disponibles. Se ha realizado un análisis de ocupación de los fermentadores y se ha estimado que los equipos necesarios serán: 4 equipos de fermentación lager y 4 equipos de fermentación Ale.

La etapa *Envasado* es una etapa que se podría mejorar adquiriendo una envasadora automática, pero por el momento no es necesaria porque la plantilla contratada no estará saturada y puede dedicar parte de su jornada a realizar esta tarea.

La etapa *3ª Fermentación* no es cuello de botella, puesto que en esta etapa las botellas ya están almacenadas en el almacén de expedición y no ocupan ningún equipo de la planta.

Tras este análisis, se realiza un estudio económico-técnico detallado de los equipos que se necesitarán para llevar a cabo la producción diaria en forma y plazo.

4.2. Plan de producción y dimensionamiento de la planta

Una vez establecidas las etapas de producción se realiza el plan de producción para poder producir los lotes con los equipos planificados.

De forma general, el plan de producción semanal quedaría establecido por semanas, tal y como se muestra en la Tabla 7 (en la que se utiliza el acrónimo S de Semana). El número indica la cantidad de lotes de 300 litros/día que están planificados.

Tabla 71. Plan de producción semanal

TIPO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
“Barys”	1	1	0	0	1
“Copper”	0	0	1	0	0
“Carbon”	0	0	0	1	0

Nota: Estación PRIMAVERA-VERANO (Desde S1 - Hasta S40) *Parte Superior*
 Nota: Estación OTOÑO-INVIERNO (Desde S41 - Hasta S52) *Parte Inferior*

TIPO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES
“Barys”	1	1	0	0	1
“Copper”	0	0	1	0	0
“Carbon”	0	0	0	1	0

A su vez, se ha hecho una previsión de los stocks necesarios para no parar la producción, teniendo en cuenta la lejanía del proveedor, el tiempo de entrega, el consumo diario y el stock de seguridad.

El estudio, se ha hecho tanto del stock de materia prima como del stock de producto terminado, obteniendo unas necesidades de espacios para y las salas de cocción, fermentación y envasado. La distribución en planta sería la que se muestra en la Figura 4.

4.3. Tratamiento residuos

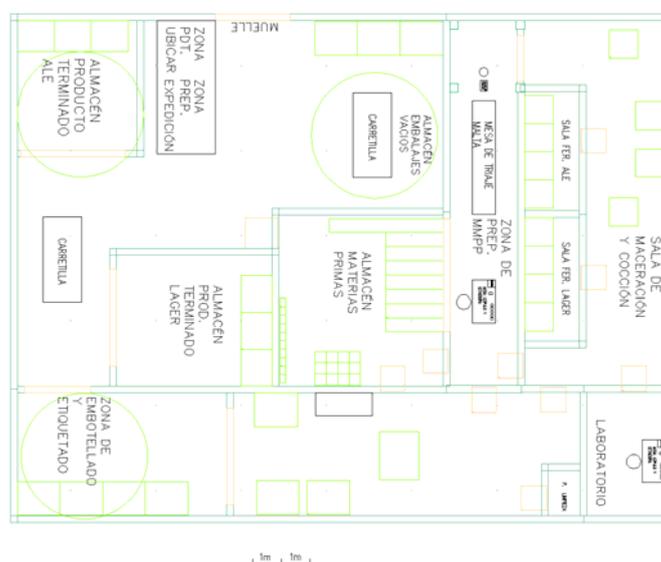
Tras un análisis exhaustivo de todos los residuos generados en la planta, se ha visto que los residuos más importantes tanto por su tratamiento como por su generación continuada en el proceso son:

a) Bagazo: Este residuo se compone del grano tras la extracción de los almidones y azúcares, y de los posos generados por levaduras muertas. Más que un residuo, es un subproducto de la planta. Se compone de un 65% de grano, 10% posos y un 25% de agua.

En este caso el tratamiento recomendado sería primero filtrar el residuo para eliminar el agua a máximo posible. Este residuo se puede revalorizar revendiéndolo a fábricas o granjas de pienso para ganado y/o mascotas. El precio de venta oscila entre 42 y 52€ por tonelada.

b) Producciones defectuosas: Este residuo líquido es el generado por una contaminación de la maceración/cocción/fermentación. Se detectaría por la aparición de sólidos en suspensión, malos olores, olor a quemado (debido a los azúcares), etc. Dicha producción o se gestionaría como residuo o bien se trataría en una estación depuradora de aguas residuales previo a su vertido a alcantarillado.

Figura 4: Plano de la planta de producción



5. Viabilidad económica

La cuenta de resultados previsional recoge el resultado del ejercicio donde se muestran los ingresos menos los gastos, menos los intereses y menos el impuesto, siendo el resultado final el beneficio o la pérdida que se ha obtenido en el año.

En este caso, el análisis realista muestra un beneficio comedido en todos los periodos, ya que se trata de una microempresa de reciente creación, por lo que obtener beneficios desde el primer periodo es un buen indicador de rentabilidad. Ver Tabla 8.

Tabla 82. Cuenta de resultados previsional

Cuenta de resultados	2017	2018	2019
Ingresos por ventas	93.687,40 €	147.439,78 €	328.718,76 €
-Costes variables	-39.686,40 €	-61.688,05 €	-135.349,63 €
Margen bruto de explotación	54.001,00 €	85.751,73 €	193.369,13 €
-Gastos de personal	-25.480,00 €	-25.989,60 €	-41.069,39 €
-Gastos generales	-13.326,00 €	-13.666,30 €	-14.016,78 €
Beneficio antes de impuestos	15.195,00 €	46.095,83 €	138.282,96 €
Impuesto sobre beneficios	-3.798,75 €	-11.523,96 €	-34.570,74 €
Beneficio neto del ejercicio	11.396,25 €	34.571,87 €	103.712,22 €

6. Conclusiones

Tras un par de años realizando ensayos y experiencias relacionadas con el proceso de fabricación de la cerveza artesanal, el ajuste de las materias primas y el ajuste de los parámetros de operación, y tras el estudio del presente proyecto se concluye que:

- Se han identificado, diseñado y controlado las etapas de producción en micro-escala de 30 litros para 3 tipos de cerveza: Lager Rubia, Ale Roja y Ale Negra.
- Se han determinado las variables importantes y los rangos de actuación.
- Se han identificado un total de 13 residuos generados en la planta y se ha definido su posterior valorización y gestión. Además del tratamiento de los efluentes.
- Se ha diseñado un proceso de producción de 300 litros de cerveza artesanal, y se ha analizado su viabilidad económica estimándose un beneficio de 11.396,25 € el primer año y de 34.571,87 € y 103.712,22 € los siguientes años.

7. Referencias

- Anon, (2017) (n.d). Haz tu Cheve. [online] Obtenido el 21 de junio de 2017 desde: <http://haztucheve.com/>
- Cervezabaku (2017) (n.d). Cerveza Artesanal | Cerveza Baku. [online] Obtenido el 21 de junio de 2017 desde: <http://www.cervezabaku.com/>
- Choicnature (2017). (n.d) Organic botanical medicinal herb traditional Chinese Medicine Raw Material dried fruit nuts kernels Spices plant extract manufacturer. Obtenido el 21 de junio de 2017 desde: <http://www.choicnature.com>
- Ornelas, J. (2017) (n.d.) Las Temperaturas de Maceración, Ciencia y Arte. BrewMasters. Insumos e Ingredientes para Elaborar Cerveza. Obtenido el 21 de junio de 2017 desde: <http://brewmasters.com.mx/las-temperaturas-de-maceracion-ciencia-y-arte>