



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**Estudio de factibilidad técnico-económica para la instalación de  
una planta elaboradora de cerveza artesanal  
con insumos de origen mexicano**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN ALIMENTOS**

**P R E S E N T A**

**MARÍA DEL CARMEN MARTINEZ REGALADO  
VÍCTOR HUGO VERDI ORTIZ**

**ASESOR: Dra. María Elena Vargas Ugalde  
COASESOR: I.A. Francisco Javier López Martínez**

**CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2022**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de tesis y examen profesional.

Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.

Que presenta la pasante: María del Carmen Martínez Regalado  
Con número de cuenta: 414017364 para obtener el título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María Elena Vargas Ugalde	
VOCAL	LQ. María Elena Quiroz Macías	
SECRETARIO	M. en C. Julieta González Sánchez	
1er. SUPLENTE	I.A. Dulce María Oliver Hernández	
2do. SUPLENTE	Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza	

NOTA: los suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

LMC/Imc\*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de tesis y examen profesional.

Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.

Que presenta la pasante: María del Carmen Martínez Regalado  
Con número de cuenta: 414017364 para obtener el título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. María Elena Vargas Ugalde</u>	_____
VOCAL	<u>LQ. María Elena Quiroz Macías</u>	_____
SECRETARIO	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	<u></u>
1er. SUPLENTE	<u>LA. Dulce María Oliver Hernández</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza</u>	_____

NOTA: los síndicos suplentes están obligados a presentarse al día y hora del Examen Profesional

LMCF/amcf\*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

UN.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**



Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de tesis y examen profesional.

Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.

Que presenta la pasante: María del Carmen Martínez Regalado  
Con número de cuenta: 414017364 para obtener el título de: Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dra. María Elena Vargas Ugalde</u>	_____
<b>VOCAL</b>	<u>LQ. María Elena Quiroz Macías</u>	_____
<b>SECRETARIO</b>	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	_____
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>LA. Dulce María Oliver Hernández</u>	<u>[Firma]</u>
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza</u>	_____

NOTA: los sindicales suplentes están obligados a presentarse al día y hora del Examen Profesional

UMCF/Amcf\*



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de tesis y examen profesional.**

**Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.**

Que presenta la pasante: **María del Carmen Martínez Regalado**  
Con número de cuenta: **414017364** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dra. María Elena Vargas Ugalde</u>	<u></u>
<b>VOCAL</b>	<u>I.Q. María Elena Quiroz Macías</u>	<u></u>
<b>SECRETARIO</b>	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	<u></u>
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>I.A. Dulce María Oliver Hernández</u>	<u></u>
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza</u>	<u></u>

NOTA: los sindicales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

LMCF/lmcf\*





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.B.C.A.S.G.

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional**

**Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.**

Que presenta el pasante: **Victor Hugo Verdi Ortiz**  
Con número de cuenta: **414048865** para obtener el título de: **Ingeniero en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dra. María Elena Vargas Ugalde</u>	
<b>VOCAL</b>	<u>I.Q. María Elena Quiroz Macías</u>	
<b>SECRETARIO</b>	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>I.A. Dulce María Oliver Hernández</u>	
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza</u>	

NOTA: los suplentes suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/avg



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.E.C.A.S.G.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional**

**Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.**

Que presenta el pasante: **Victor Hugo Verdi Ortiz**  
Con número de cuenta: **414048885** para obtener el título de: **Ingeniero en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dra. María Elena Vargas Ugalde</u>	_____
<b>VOCAL</b>	<u>I.Q. María Elena Quiroz Macías</u>	_____
<b>SECRETARIO</b>	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	<u></u>
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>I.A. Dulce María Oliver Hernández</u>	_____
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza</u>	_____

NOTA: los suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/jag



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

U.N.A.M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional**

**Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.**

Que presenta el pasante: **Victor Hugo Verdi Ortiz**  
Con número de cuenta: **414048865** para obtener el título de: **Ingeniero en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>
<b>PRESIDENTE</b>	<u>Dra. María Elena Vargas Ugalde</u>	_____
<b>VOCAL</b>	<u>I.Q. María Elena Quiroz Macías</u>	_____
<b>SECRETARIO</b>	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	_____
<b>1er. SUPLENTE</b>	<u>I.A. Dulce María Oliver Hernández</u>	<u><i>DMO</i></u>
<b>2do. SUPLENTE</b>	<u>Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza</u>	_____

NOTA: los suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/jmg



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

U.E.A.L.N.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Titulación  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis y examen profesional**

**Estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de una planta elaboradora de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano.**

Que presenta el pasante: **Victor Hugo Verdi Ortiz**

Con número de cuenta: **414048885** para obtener el título de: **Ingeniero en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**

**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de noviembre de 2021.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dra. María Elena Vargas Ugalde	
<b>VOCAL</b>	I.Q. María Elena Quiroz Macías	
<b>SECRETARIO</b>	M. en C. Julieta González Sánchez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	I.A. Dulce María Oliver Hernández	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza	

NOTA: los suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/jav

Este trabajo se realizó con el apoyo del Proyecto DGAPA PAPIME PE213020:  
Simulación de cambios de propiedades durante la vida de anaquel de productos  
hortofrutícolas procesados térmicamente y por transferencia de masa.

## **DEDICATORIAS**

El presente trabajo quiero dedicarlo a mi hijo Gael, por ser el motor de mi vida, ser la luz de cada momento, por siempre darme fuerzas, eres el motivo para seguir adelante y ser mejor en cada aspecto, me enseñas a ver la vida de otra manera, llena de felicidad, diversión, incontables risas, ocurrencias, pero sobre todo por enseñarme a ser madre. Todo es posible en esta vida bebé, nunca te rindas. Te amo para siempre.

**María del Carmen Martínez Regalado**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quiero agradecer a Dios, por todo lo bueno que ha puesto en mi camino, por permitirme día con día crecer en todos los aspectos de mi vida y de siempre bendecirme con mi familia.

A mis padres, Mariana Regalado y Juan Manuel Martínez, que gracias a ustedes me convertí en la persona que soy ahora, por todo su amor, comprensión, paciencia, regaños, consejos, valores, enseñanza y amor que siempre me brindaron y que hasta el día de hoy lo hacen.

A mi amado esposo, Victor Verdi, por culminar juntos esta gran etapa, donde nos conocimos y ahora formamos una familia. Pasamos muchas cosas juntos y aun nos falta mucho camino por recorrer, gracias por ser mi compañero de vida, por brindarme todo tu amor, comprensión y paciencia. Te amo mucho mi amor, para toda la vida.

A mi hermana Daniela, por siempre estar para mí y llenar mi vida de divertidos momentos desde que tengo memoria.

A mis asesores, Dra. María Elena Vargas Ugalde y al I.A. Francisco Javier López Martínez, por orientarme en el último semestre de la carrera, gracias por sus conocimientos y paciencia.

A cada una de mis sinodales, I. Q. María Elena Quiroz Macias, M. en C. Julieta González Sánchez, I. A. Dulce María Oliver Hernández y Dra. Ana Elvia Sánchez Mendoza, por su tiempo para guiarme, apoyarme en la realización de este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por abrirme sus puertas y permitirme formarme como Ingeniera. También agradezco a cada uno de los profesores que a lo largo de la carrera conocí, fueron muy importantes en mi camino escolar.

**María del Carmen Martínez Regalado**

## **DEDICATORIAS**

Dedicado a Gael, la luz que más resplandece en mi vida. Que esto sea prueba de que el amor es la motivación más grande y el motor de nuestra existencia. Espero que te sientas siempre orgulloso de tu papá.

Por siempre para ti my wild wild son.

**Victor Hugo Verdi Ortiz**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre por hacerme el hombre que soy hoy en día, por forjarme carácter y dejarme ver que debemos dar todo por nuestra familia. A mi madre por su amor incondicional. Mis hermanos que todo el tiempo están presentes. Sé que puedo contar con ustedes siempre.

A mi Carmen, eterna compañera de vida. Con gran esfuerzo terminamos un proyecto más, de los muchos por venir que afrontaremos juntos. Estoy muy orgulloso de lo que eres y soy dichoso de que seas parte de mí. Te amo por siempre

A mis suegros que se volvieron un pilar en mi vida, agradezco inmensamente tanto apoyo.

A la Dra. María Elena Vargas y al Ingeniero Francisco Javier López por tanto conocimiento compartido y el apoyo para poder culminar este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por todo lo que me ofreció, por todos los recuerdos, conocimientos, grandes personas que conocí y por el compromiso que existe para preparar a los profesionales del mañana.

“Los límites al igual que los miedos, casi siempre son sólo una ilusión”

*-Michael Jordan*

**Victor Hugo Verdi Ortiz**

## ÍNDICE

---

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	2
ANTECEDENTES .....	4
1.1 Historia .....	4
1.2 Cerveza artesanal .....	4
1.2.1 Ingredientes.....	4
1.2.2 Malta .....	5
1.2.3 Lúpulo .....	6
1.2.3.1 Composición.....	7
1.2.3.2 Presentaciones de lúpulo .....	8
1.2.3.3 Variedades del lúpulo .....	9
1.2.4 Levadura .....	11
1.2.4.1 Metabolismo de la levadura.....	13
1.2.4.2 Levaduras para elaboración de cerveza.....	16
1.2.5 Agua.....	17
1.2.6 Adjuntos: Maíz.....	19
1.3 Clasificación de la cerveza .....	21
1.3.1 Fermentación baja (Lager) .....	22
1.3.2 Fermentación alta (ale).....	24
1.3.3 Fermentación por levaduras silvestres (lambic).....	27
Objetivos .....	28
Objetivo General .....	28
Objetivos específicos .....	28
2 Metodología de trabajo.....	28

2.1 Empresa y estudio de mercado.....	29
2.1.1 Producción .....	29
2.1.2 Estudio de mercado.....	31
3.1 Descripción del producto.....	32
3.2 Elaboración de cerveza artesanal .....	32
3.3 Descripción del proceso. ....	35
4 Costos.....	39
4.1 Materia prima. ....	39
4.2 Equipos y materiales.....	42
4.2.1 Equipos. ....	42
4.2.2 Materiales.....	44
4.3 Servicios.....	46
5 Costo de producción materia prima.....	46
6 Ubicación y distribución de la planta .....	53
CONCLUSIONES.....	56
REFERENCIAS.....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Países productores de lúpulo del año 2016-2017	7
2	Composición del lúpulo	7
3	Variedades de lúpulo	9
4	Composición de levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	13
5	Variedades de cerveza lager	23
6	Variedades de cerveza ale	25
7	Atributos del producto	32
8	Ventajas y desventajas de la elaboración	33
9	Costo de las materias primas	39
10	Características y costo de equipos	42
11	Características y costo de materiales	45
12	Costo de servicios	46
13	Costo de producción materia prima directa proyección anual	47
14	Costo de producción materia prima directa proyección anual	50
15	Costo de administración año de arranque de operación 2021	51
16	Costo de venta año de arranque de operación 2021	51
17	Costos de producción	52
18	Inversión total de proyecto	52
19	Estado de Resultados de la Producción Anual	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Partes de una levadura	12
2	Fases de la propagación de levadura	14
3	Logotipos	29
4	Producción de cerveza en México	30
5	Diagrama de elaboración de cerveza	34
6	Diagrama de flujo elaboración de cerveza	36
7	Medidas de botella y acomodo	38
8	Mapa referente a la ubicación de la planta	54
9	Vista superior de la planta donde se muestra el acomodo de los equipos	55

## RESUMEN

En el presente trabajo se muestra un estudio técnico-económico para la implementación de una planta procesadora de cerveza artesanal, que en su formulación contiene insumos de origen mexicano, entre los cuales la malta y la fruta son sembrados en campos mexicanos. Se pretende apoyar al mercado interno y minoritario local. Se aporta al mercado cervecero independiente mexicano un producto diferente, de alta calidad y altamente competitivo.

Se pretende realizar próximamente una inversión, plasmando en este documento las premisas necesarias para evaluar la factibilidad de este proyecto, por tal motivo se exponen las características y parámetros necesarios para ello, desde el equipo a emplear para la elaboración de la cerveza, ubicación, costos, gastos, insumos y materias primas hasta la distribución del producto.

## INTRODUCCIÓN

La cerveza es un producto muy consumido a lo largo de la historia de la humanidad. El rol de la cerveza se podía relacionar con las clases sociales, con la política y hasta podría ser de carácter nutritivo, debido a que las características de la cerveza de tiempos pasado eran diferentes en cuanto a composición química en comparación con las presentaciones que hoy en día conocemos (Meusssdoerffer, 2009). En la actualidad no se busca que la cerveza sea nutritiva, si no que sea refrescante. Por ello se ha cambiado el proceso de elaboración de lo que alguna vez fue hace miles de años. (Berger, 2005; Kunze, 2006).

El rol actual que tiene la cerveza es meramente recreativo, aunque a menudo se puede relacionar con la cultura y gastronomía de cada región. Hoy en día existe un importante crecimiento de entusiastas de la cerveza que buscan mejores productos y con características diferentes, ya que la cerveza industrial en cuanto a sabor y textura es muy homogénea, es en esta situación que la cerveza artesanal surge como alternativa (Hughes, 2017; Ibáñez, 2015).

México es el cuarto productor de cerveza a nivel mundial y el primero en exportación, Dentro de esta industria cada vez se desarrolla más la cerveza artesanal, cuya producción creció 70.5% de 2017 a 2018. En México la producción de la industria cervecera total en 2018 fue de 119,970,320 Hectolitros de los cuales la participación de la cerveza artesanal fue del 0.16% con 189,250 hectolitros. Actualmente los estados más importantes en la producción de cerveza artesanal son Baja California, Baja California Sur, Ciudad de México y Jalisco. El 70% de la producción artesanal se concentra en 5 cervecerías: Primus, Minerva, Cucapá, Tijuana Beer y Beer Factory (ACERMEX, 2019).

La proporción de cervecerías que usaron algún ingrediente cultivado en México en 2018 fue de 28.69%, por lo que predomina el uso de insumos extranjeros. De las cervecerías que usaron ingredientes mexicanos, el 53.27% interactuó con el productor para ajustar el ingrediente a su necesidad, dejando de lado los intermediarios y contactando directamente al productor (ACERMEX, 2019; INEGI I. N., 2017).

A efecto de apoyar los insumos mexicanos y pequeños productores se plantea como objetivo utilizar un alto porcentaje en la formulación de la cerveza con materia prima de origen mexicano, así como utilizar para la elaboración una de las 64 especies de maíz que existen en nuestro territorio, que aunque se utilizará en un porcentaje menor, aportará de manera significativa un ligero sabor diferente (ASERCA, 2018) y también utilizar maltas 100% mexicanas. Dependiendo de la época del año también se plantea el escenario donde se elaborarán cervezas especiales con frutos originarios de México como: chirimoya y pitahaya (SEMARNAT, 2019).

## ANTECEDENTES

### 1.1 Historia

Existen pruebas científicas y evidencias arqueológicas que han sido recopiladas, que convencen firmemente, de que lo que ahora se conoce como “cerveza”, fue producida por primera vez al final del cuarto milenio antes de Cristo, por los sumerios en el sur de Babilonia. La receta más vieja del mundo se refiere a la elaboración de cerveza.

Un estudio detallado, realizado en colaboración entre arqueólogos de la Universidad de Cambridge y empresas Cerveceras de Escocia y Newcastle, ha proporcionado una panorámica de cómo los antiguos egipcios realizaban su tecnología de fermentación hace 3000 años. La cerveza y el pan fueron los ingredientes de mayor importancia en la dieta de los egipcios; en aquella época la cerveza se utilizaba para pagar y todos los estratos sociales la consumían (Hornsey, 1999).

La elaboración de cerveza ha sido una actividad desde el principio de la urbanización y civilización en el periodo Neolítico. La cerveza es un producto valorado por sus propiedades fisicoquímicas, así como también por su relación con la religión y distintivos étnicos y culinarios. La historia de la elaboración de cerveza no sólo está relacionada con avances científicos y tecnológicos, sino también con la identidad de los individuos, sus gobiernos, su economía y su vida diaria (Meussdoerffer, 2009).

### 1.2 Cerveza artesanal

Es un tipo bebida que contiene alcohol o etanol para beber a partir de granos fermentados sin destilación (Daniels, 2018) sin adición de conservadores y CO<sub>2</sub>, obtiene grado de carbonatación por adición de azúcares en el periodo de acondicionamiento.

#### 1.2.1 Ingredientes

Todos los estilos de cerveza, incluyendo a las artesanales, recurren a 3 principales estilos de elaboración: ale, lager y lambic, de estos se derivan muchas subcategorías. Tienen 4 ingredientes básicos, indispensables para la elaboración de esta:

1. Malta
2. Lúpulo
3. Levadura
4. Agua
5. Adjuntos (Cereales, frutas, especias)

## 1.2.2 Malta

La malta, es un cereal que se deja germinar durante un proceso conocido como malteado. Durante el malteado se producen enzimas que permiten que el almidón del cereal se convierta en azúcares fermentables, estas enzimas son  $\alpha$ -amilasa,  $\beta$ -amilasa, dextrinasa (Hughes, 2017; Kunze, 2006).

El objetivo del malteado es preparar y transformar las reservas nutritivas del grano a sustratos apropiados para macerar, en el proceso de elaboración de cerveza. Es un proceso de germinación controlado, donde la temperatura debe permanecer baja y el tiempo debe ser breve, evitando así pérdidas por crecimiento de raicillas. La malta debe permitir producir - después de la trituración y maceración - un mosto con un equilibrio de aminoácidos, polipéptidos, azúcares fermentables y metabolitos esenciales suficientes para el crecimiento de la levadura (Hornsey, 1999).

El proceso de malteado, a nivel industrial, se produce en un edificio conocido como maltería. Allí el cereal se sumerge en agua, lo que hace que absorba humedad y empiece a germinar. Los granos no solo se remojan en agua estática, sino que se someten a periodos intermitentes de drenaje (paradas de aireación), en los que se hace pasar aire a través de la cuba de remojo. Esto permite dispersar el dióxido de carbono, favoreciendo la germinación. Cuando las raicillas han crecido lo suficiente, el cereal se seca con aire caliente para interrumpir cualquier crecimiento posterior. Entonces se voltea para eliminarlas raicillas.

Una vez eliminadas las raicillas, el cereal se tuesta para crear diferentes tipos de malta: cuanto más alta sea la temperatura de tostado, más oscura será y más intenso su sabor. Las maltas ligeramente tostadas tienen un elevado poder enzimático y producen grandes cantidades de azúcares fermentables cuando se mezclan con agua caliente durante el macerado, las maltas muy tostadas tienen menor poder diastático y producen poco azúcar fermentable. (Hughes, 2017).

### Malteado en el suelo

Tradicionalmente después de remojarlo, el cereal se esparce por el suelo de la maltería para secarlo, se voltea con grandes rastrillos, lo que evita la formación de moho y asegura un secado homogéneo. El rastrillado también evita que las raicillas se entrelacen y la acumulación de dióxido de carbono.

En malteado sobre suelo puede producir suficiente enfriamiento por convección y suficiente aporte de oxígeno por difusión, porque la altura de la capa es escasa.

Hoy en día se tiene en cuenta el método tradicional para obtener las mejores maltas, aunque la práctica es rara y por lo general las maltas obtenidas por este método es demasiado caro para las cervecerías comerciales (Hornsey, 1999; Hughes, 2017).

### 1.2.3 Lúpulo

El lúpulo empleado corrientemente en cervecería, *humulus lupulus*, se sitúa botánicamente en la familia *Cannabaceae*, está relacionado con las ortigas irritantes, olmos, arrayán de ciénaga y cáñamo (Hornsey, 1999).

Es una planta trepadora, perenne, dioica. En la elaboración de cerveza se utilizan únicamente las inflorescencias de las plantas femeninas. Éstas contienen las resinas amargas y los aceites etéreos que le suministran a la cerveza los componentes amargantes y aromáticos (Kunze, 2006).

Los sexos están separados, la especie es altamente heterocigótica, por lo que las plantas procedentes de semilla poseen una variabilidad morfológica extrema. Desde el punto de vista del cervecero, la parte útil de la planta de lúpulo es el cono femenino (o estróbilo), que tiene todos los componentes necesarios.

Si la flor hembra es fertilizada por polen de una planta macho, se desarrolla una sola semilla. Dicha semilla estará envuelta por una capa externa que es rica en resina. Estas resinas no están presentes en las plantas sin semilla, por lo que el potencial amargor de los lúpulos vírgenes será menor que el de los que tienen semilla.

Los lúpulos vírgenes son comúnmente utilizados en cervezas tipo lager puesto que se busca más un efecto aromático que una aportación de amargor (Hornsey, 1999).

Para satisfacer las necesidades de la industria cervecera, el lúpulo se cultiva en todas las regiones templadas del mundo, los países donde se cultiva más lúpulo son Alemania y EE. UU, seguidos por la República Checa y China (Kunze, 2006).

A continuación, se muestra el Cuadro 1 con los principales productores de lúpulo del 2016 y 2017:

Cuadro 1. Países productores de lúpulo del año 2016-2017

País	Producción de lúpulo 2016 (ton)	Producción de lúpulo 2017 (ton)
Australia	1105	1200
Austria	479	430
Bélgica	198	234
China	4500	4500
Republica Checa	7712	6100
France	772	780
Alemania	4276	39000
Nueva Zelanda	794	760
Polonia	2663	2826
Rumania	177	177
Rusia	162	162
Serbia	134	134
Eslovaquia	187	160
Eslovenia	2476	2600
Suráfrica	865	710
España	946	950
Ucrania	480	480
Reino Unido	1400	1400
USA	40206	44324

Fuente: (Kovarik, 2019)

### 1.2.3.1 Composición

La composición del lúpulo tiene una gran influencia sobre la calidad de la cerveza. En el Cuadro 2 se muestra su composición:

Cuadro 2. Composición del lúpulo

Componente	% de la muestra
Agua	10
Resinas totales	15
Aceites esenciales	0.5
Taninos	4
Pectina	2
Lípidos y ceras	3
Monosacáridos	2
Proteínas	15
Aminoácidos	0.1
Celulosa y lignina	40.4
Contenido en ceniza	8

Fuente: (Hornsey, 1999)

Los ácidos presentes en el lúpulo son:  $\alpha$ -ácidos y  $\beta$ -ácidos. Los  $\alpha$ -ácidos o humulonas son los compuestos más importantes para el amargor de la cerveza. En lúpulos aromáticos, el contenido promedio de  $\alpha$ -ácidos es de 4 a 5%.

Los  $\alpha$ -ácidos, primeramente, insolubles, son isomerizados luego en la cocción del mosto y convertidos en iso  $\alpha$ -ácidos solubles, estos van a parar a la cerveza terminada y son los causantes del amargor. Los compuestos amargos son muy tensoactivos, mejorando la estabilidad de la espuma, por lo cual en una cerveza amarga se espera mayor estabilidad de espuma.

Los compuestos amargos inhiben también el desarrollo de microorganismos en la cerveza. Sin embargo, esta actividad no es suficiente y no sustituye los métodos de conservación (Kunze, 2006).

Se deben tener condiciones adecuadas de almacenamiento para el lúpulo, estas condiciones deben ser frías, secas y herméticas, debido a que los  $\alpha$ -ácidos se degradan por la influencia del oxígeno, temperatura y humedad.

El no conservar el lúpulo en buenas condiciones resulta en que los  $\alpha$ -ácidos y  $\beta$ -ácidos den lugar a resinas duras que no tienen un uso para la elaboración de cerveza.

Los compuestos amargos son los componentes más valiosos y característicos del lúpulo. Ellos le otorgan el sabor amargo a la cerveza, benefician la estabilidad de la espuma y aumentan, por medio de sus propiedades antisépticas, la estabilidad biológica de la cerveza (Kunze, 2006).

### **1.2.3.2 Presentaciones de lúpulo**

Existen diferentes productos de lúpulo los cuales tienen diferente objetivo, conservar propiedades, almacenamiento, aumento de características, entre otros. Los principales son:

- Balote
- Lúpulo en polvo
- Pellets
- Extractos de lúpulo:
  - Convencionales o de caldera
  - Isomerados
  - Especiales

### 1.2.3.3 Variedades del lúpulo

Los lúpulos se clasifican en tres categorías, según la función requerida en el proceso:

- (a) lúpulos aromáticos
- (b) lúpulos alfa
- (c) lúpulos de doble finalidad.

En el Cuadro 3 se muestran algunas variedades de lúpulo, el nivel de ácido alfa, características e intensidad del sabor.

Cuadro 3. Variedades de lúpulo

Nombre del lúpulo	País de origen	Nivel de ácido alfa (%)	Características	Intensidad de sabor (1= bajo 10= alto)
Admiral	Reino Unido	14-16	Resinoso, agrio, naranja	9
Apollo	EE. UU	15-19	Resinoso, muy herbáceo	8
Atlas	Eslovenia	5-9	Lima, floral, pino	6
Aurora	Eslovenia	5-9	Lima, floral, pino	6
Bobek (Styrian Golding)	Eslovenia	2-5	Pino, limón, floral	8
Brewer's Gold	Alemania	5-9	Especiado, grosella negra, limón	8
Cascade	EE. U/ Reino Unido/ Nueva Zelanda	5-9	Lichi, floral, pomelo	9
Celia (Styrian Golding)	Eslovenia	2-5	Limón, pino, floral	8
Centennial	Estados Unidos	7-12	Limón, herbáceo, resinoso	9
Challenger	Reino Unido	5-9	Especiado, cedro, té verde	7
Citra	Estados Unidos	11-14	Mano, frutas tropicales, lima	9
Columbus	Estados Unidos	14-20	Sorbete, pimienta negra, regaliz	9
Crystal	Estados Unidos	3-6	Mandarina, agrio	6

Continuación del cuadro 3

Delta	Estados Unidos	4-7	Piña, pera	5
Fuggle	Reino Unido	4-7	Herbáceo, mentolado, terroso	6
Galaxy	Australia	13-15	Fruta de la pasión, melocotón	8
Galena	Estados Unidos	10-14	Mora, especiado, grosella negra	6
Golding	Reino Unido	4-8	Especiado, miel, terroso	6
Herssbrucker	Alemania	2-4	Floral, herbáceo	6
Liberty	Estados Unidos	3-5	Especiado, limón, agrio	6
Mount Hood	Estados Unidos	4-7	Herbáceo, pomelo	6
Newport	Estados Unidos	13-17	Cedro, afrutado, herbáceo	7
Nugget	Estados Unidos	10-14	Especiado, pera, melocotón	6
Pacific Gem	Nueva Zelanda	13-18	Mora, roble, pino	7
Pacific Jade	Nueva Zelanda	12-14	Herbáceo, limónrallado, pimienta negra	8
Pacifica	Nueva Zelanda	4-8	Herbáceo, naranja, agrio	6
Palisade	Estados Unidos	6-10	Agrio, grosella negra, pomelo	7
Pilgrim	Reino Unido	9-12	Especiado, cedro, miel	6
Pioneer	Reino Unido	9-12	Cedro, pomelo, herbáceo	8
Pride of ringwood	Australia	9-12	Cedro, roble, herbáceo	5
Saaz	República Checa	2-5	Terroso, herbáceo, floral	5
Santiam	Estados Unidos	4-7	Herbáceo, melocotón, limón	6

Continuación del cuadro 3				
Spalt select	Alemania	2-5	Herbáceo, floral, terroso	5
Summer	Australia	4-7	Albaricoque, melón	6
Summit	Estados Unidos	13-15	Pomelo rosado, naranja	9
Tettnang	Alemania	4-7	Terroso, herbáceo, floral	5
Warrior	Estados Unidos	13-15	Resinoso, herbáceo, pino	6
Willamette	Estados Unidos	4-7	Mora, especiado, floral	6

Fuente: (Hughes, 2017)

#### 1.2.4 Levadura

Las levaduras son hongos unicelulares que se reproducen por gemación. No encajan perfectamente en ningún grupo de hongos, comprenden 39 géneros y 350 especies. Se identifican y clasifican basándose en características morfológicas y fisiológicas. Entre los aspectos morfológicos considerados, se encuentran el tamaño y la forma de las células, en medio sólido y líquido, el modo de reproducción y si forma velo en la superficie o sedimenta en un medio líquido. Las características fisiológicas consideradas son: si pueden crecer y fermentar en un determinado carbohidrato y si puede utilizar o no determinadas fuentes de nitrógeno (Hough, 1990).

La levadura se ha utilizado para elaborar cerveza durante miles de años, pero su existencia no se descubrió hasta el desarrollo del microscopio en el siglo XVII. Antes de su descubrimiento, los cerveceros se limitaban a dejar destapado el mosto y la fermentación tenía lugar gracias a las esporas de levadura presentes en el medio.

En 1857, el químico y microbiólogo francés Louis Pasteur demostró la importancia de las levaduras en la fermentación. El descubrimiento de Pasteur cambió la manera de elaborar cerveza ya que permitió a los cerveceros tener mayor control sobre el proceso de fermentación (Hughes, 2017).

Las levaduras más ampliamente usadas en la industria cervecera pertenecen al género fúngico *Saccharomyces*, del que se conocen más de 30 especies, del cual el más utilizado es *Saccharomyces cerevisiae* (Hornsey, 1999; Hughes, 2017).

El corazón de la célula de la levadura es un núcleo donde se almacena la información genética en ADN, este está formado por cromosomas, la *Saccharomyces cerevisiae* tiene 16. Las levaduras utilizadas para elaborar cerveza contienen aproximadamente tres copias de cada cromosoma, esto las hace bastante estables: pueden tolerar la pérdida de una copia genética debido a que tienen otra copia cromosómica de respaldo, esto significa que la levadura puede ser consistente por muchas generaciones y ofrecer las mismas propiedades (Bamforth, 2003). En la Figura 1 se muestran las partes de una levadura.

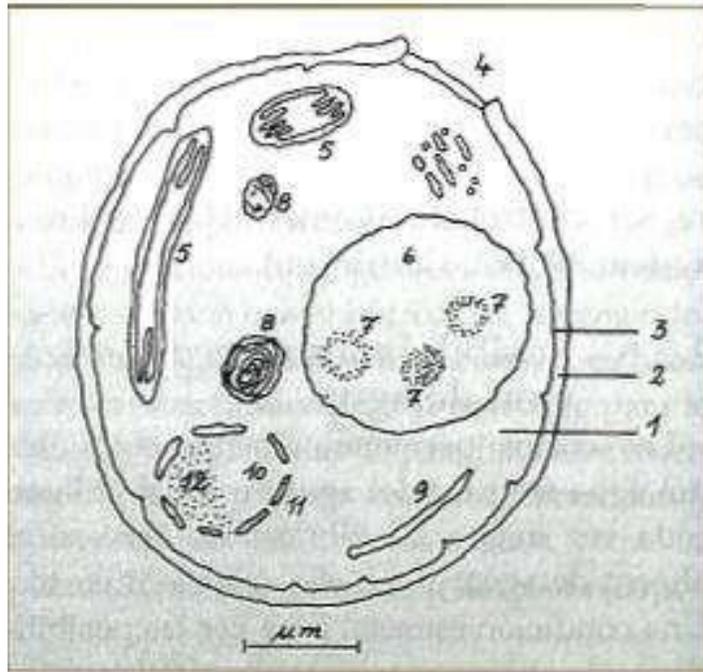


Figura 1. Partes de una levadura (Kunze, 2006)

- |                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1.- Plasma               | 7.- Granulo de polimetafosfato |
| 2.- Pared celular        | 8.- Granulo lípido             |
| 3.- Plasmalema           | 9.- Retículo endoplasmático    |
| 4.- Cicatriz de gemación | 10.- Núcleo                    |
| 5.- Mitocondrias         | 11.- Membrana nuclear          |
| 6.- Vacuola              | 12.- Nucleolo                  |

Cada célula de levadura está compuesta por el plasma celular (citoplasma, citosol, 1), el cual está envuelto por una membrana celular, la plasmalema (3). El plasma celular aloja una serie de orgánulos, que se encargan de las reacciones metabólicas.

El orgánulo más importante es naturalmente el núcleo de la célula (1), la central de comando de ésta. Éste está rodeado por una membrana nuclear

doble, la cual está encerrada en sí misma. El núcleo celular contiene una sustancia base (plasma), la matriz nuclea y los cromosomas. Cada célula contiene su código genético. En el núcleo célula se encuentra alojado también un pequeño cuerpo nuclear (nucleolo, 12), el cual está compuesto por ARN.

La célula de levadura posee una gran cantidad de mitocondrias (5), estas importan el piruvato formado en el citosol y lo convierten por respiración en CO<sub>2</sub> y agua. En este proceso se forma ATP y ADP, los cuales actúan por como portadores de energía muy importantes. Por eso, las mitocondrias son llamadas “centrales de energía de la célula”.

El retículo endoplasmático áspero se encarga de la síntesis de proteínas. El retículo endoplasmático liso sintetiza lípidos y se ocupa de procesos de desintoxicación. El aparato de Golgi hace esta tarea, así se transportan las sustancias tóxicas (por ejemplo, alcohol) hasta la membrana celular, llevándolas hacia afuera (Kunze, 2006).

El orgánulo más destacado dentro de la célula de la levadura es la vacuola. Esta está delimitada por una única membrana simple, el tonoplasto, que es ligeramente más delgado que el plasmalema. El plasma vacuolar es rico en gránulos de volutina durante los períodos de inactividad metabólica. La vacuola también actúa como almacén de enzimas líticas implicadas en el reciclado de macromoléculas celulares (Hornsey, 1999). En el Cuadro 4 se muestra la composición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Cuadro 4. Composición de levadura *Saccharomyces cerevisiae*

Componentes	%
Polisacáridos	29.71
Trehalosa	NR
Ácidos nucleicos y nucleótidos	10.65
Fosfolípidos	1.18
Triglicéridos	NR
Esteroles	NR
Ceniza	8.32
Proteína	40.20

Fuente: (Machin, 2016)

NOTA: NR=No reportado

#### 1.2.4.1 Metabolismo de la levadura.

Para la realización de los procesos metabólicos vitales y la formación de nuevas sustancias celulares, la levadura necesita energía y nutrimentos, tal como otra célula (Kunze, 2006).

Las necesidades para el desarrollo global de las levaduras de cervecería son:

1. Una fuente carbonada de energía, conocida como "azúcares" fermentables.
2. Una fuente de nitrógeno.
3. Factores de crecimiento. (vitaminas)
4. Iones inorgánicos. (otros elementos)
5. Oxígeno. (especialmente durante las primeras fases de fermentación)
6. Agua.

La energía para la realización de procesos metabólicos la obtiene la levadura por respiración. Con la respiración, los nutrientes ingeridos, son degradados en  $\text{CO}_2$  sin que queden residuos.

Ante la ausencia de aire, la levadura pasa a la fermentación, como único ser viviente capaz de ello. Se forma aquí alcohol (etanol) y  $\text{CO}_2$ , a partir de la glucosa. El alcohol que se forma aquí contiene aún mucha energía, de manera que la energía obtenida por fermentación para la célula de levadura es mucho menor que la obtenida por respiración (Kunze, 2006).

El metabolismo de hidratos de carbono sirve para la obtención de energía por respiración y fermentación, mientras que sólo una parte más pequeña de los azúcares contenidos en el mosto se deposita como reserva.

El metabolismo de sustancias albuminoideas sirve, al igual que el metabolismo de materia grasa y minerales, para la formación de sustancias celulares (Kunze, 2006).

A continuación, en la Figura 2 se muestran las fases de propagación de la levadura y como se desarrolla ésta en función del tiempo:

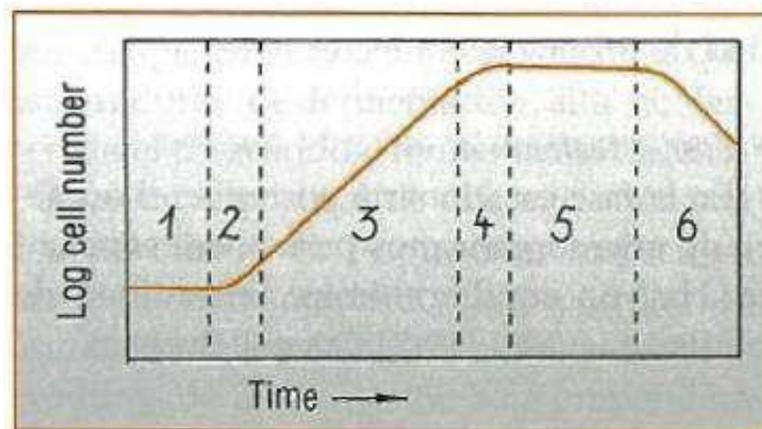


Figura 2. Fases de la propagación de levadura (Kunze, 2006)

- |                         |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| 1.- Fase de inducción   | 4.- Fase de desaceleración |
| 2.- Fase de aceleración | 5.- Fase estacionaria      |
| 3.- Fase exponencial    | 6.- Fase declinante        |

- Fase de latencia o inducción.  
Tiene lugar una activación del metabolismo. La duración de esta fase varía fuertemente. Depende del tipo de organismo, de la edad del cultivo y de las condiciones de cultivación. La fase de latencia o inducción finaliza con la primera división celular.
- Fase de aceleración.  
En la fase de aceleración aumenta progresivamente la velocidad de división.
- Fase exponencial.  
Fase de propagación exponencial o logarítmica, la velocidad de propagación es constante y máxima. El tiempo de generación (periodo en que se duplica el número de células) alcanza un mínimo en esta fase. La levadura tiene su mayor vitalidad.
- Fase de desaceleración.  
La fase exponencial está limitada temporalmente, debido a diferentes factores, como el enriquecimiento en productos metabólicos que inhiben el crecimiento o empobrecimiento del sustrato de nutrientes. Se pasa a una fase de desaceleración con velocidad de propagación decreciente.
- Fase estacionaria.  
El número de microorganismos permanece constante. Hay un equilibrio entre la cantidad de células nuevas y las que mueren.
- Fase declinante.  
En la última fase mueren más células que las nuevas, que se forman por propagación. De esta manera, disminuye el número de células.

La duración y la intensidad de cada una de las fases de crecimiento están influidas esencialmente por el sustrato, la temperatura y el estado fisiológico de la levadura. El sustrato debe contener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento. También son decisivos para el crecimiento el contenido de agua, el valor de pH y la concentración de oxígeno del sustrato.

La temperatura influye decisivamente sobre el crecimiento de los microorganismos. Cada tipo de microorganismo está caracterizado por una temperatura óptima de desarrollo, con la cual la fase de latencia y el tiempo

de generación tienen la mayor brevedad. El crecimiento ocurre en un intervalo relativamente grande de temperatura, para la especie *Saccharomyces* es de 0 a 40 °C (Kunze, 2006).

#### 1.2.4.2 Levaduras para elaboración de cerveza.

Dentro del tipo de levadura utilizada predominantemente como levadura de cultivo en la fábrica de cerveza, se diferencian numerosas cepas. En la práctica cervecera, estas cepas se dividen en dos grandes grupos:

- Levaduras de fermentación alta (*Saccharomyces cerevisiae*)
- Levaduras de fermentación baja (*Saccharomyces carlsbergensis* y *Saccharomyces pastorianus*)

Entre las levaduras de fermentación alta y las de fermentación baja existen diferencias morfológicas y tecnológicas de fermentación.

Características morfológicas.

Las levaduras de fermentación baja y alta pueden ser diferenciadas por el tipo de comportamiento de gemación. Las de fermentación baja se encuentran como células individuales donde la célula madre e hija se separan entre sí, las de fermentación alta forman cadenas ramificadas donde las células madre e hija permanecen unidas (Kunze, 2006).

Tecnología de fermentación.

Una de las características más representativas de la fermentación alta es que las levaduras suben a la superficie en el transcurso de la fermentación, de manera inversa en la fermentación baja las levaduras se depositan en el fondo.

Otra característica esencial de las levaduras de fermentación baja es el comportamiento diferenciado de floculación. Estas se dividen en levaduras no floculantes y floculantes. En los no floculantes, las células quedan finalmente distribuidas en el sustrato de fermentación y recién descienden lentamente al fondo al final de la fermentación. Las levaduras floculantes se aglomeran, formando flóculos grandes y se depositan rápidamente (Kunze, 2006).

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad, es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (Querol, 2003).

El uso más extendido está enmarcado en la panificación y en las industrias de fabricación de cerveza, vinos y alcohol. La levadura inactivada por temperatura se usa como fuente de nutrimentos en alimentación animal y humana, tanto en forma de levadura integral como a partir de sus derivados (Machin, 2016).

### 1.2.5 Agua

El agua es el ingrediente principal en la cerveza. Como consecuencia, la calidad y perfil químico del agua que utilice pueden tener un efecto importante sobre la cerveza terminada. Depende del recorrido que realiza el agua hasta el momento de su uso en la elaboración, en este recorrido puede captar diversos minerales, según el tipo de material con el que este en contacto. Algunos minerales, tales como el calcio y magnesio, son solubles en agua. Llamados iones, estos minerales se disuelven en el agua.

El agua con un elevado contenido mineral se clasifica como dura, mientras que el agua con poco contenido mineral, típicamente agua que discurre a través de rocas tales como la pizarra o del granito, se clasifica como blanda (Hughes, 2017).

Las fábricas de cerveza se construyeron en lugares donde se disponían de agua adecuada para el tipo de cerveza a producir, por ejemplo, el agua de Burton-on-Trent con alto contenido de sulfato cálcico resultaba ideal para la fabricación de las “pales ales”, fuertes y muy aromáticas. En contraste con esto, las aguas blandas de Pilsen, Checoslovaquia, resultaban ideales para la elaboración de las “lagers”. El agua rica en bicarbonato cálcico resultaba excelente para la producción de las cervezas más oscuras (Hough, 1990).

El agua suministrada en las plantas no siempre se corresponde con los requisitos cualitativos; al menos hay que controlar invariablemente el agua, respecto del mantenimiento de ciertos parámetros, a los efectos de cumplir con todos los requisitos.

El agua para cerveza debe tener la calidad de agua potable y cumplir con todo lo que exigen las normas en lo referente a lo sensorial, fisicoquímico, microbiológico y químico.

En el agua siempre hay iones disueltos, estos no reaccionan con los componentes de la malta, durante la maceración, donde entran en contacto por primera vez. Otros, sin embargo, reaccionan con determinados componentes de la malta. Se distingue entre:

- Iones químicamente inactivos.  
Como iones químicamente inactivos se entienden todos aquellos que no entran en reacción química con los componentes de la malta, si no que pasan sin modificaciones a la cerveza. Si están presentes en grandes concentraciones, pueden causarle a la cerveza modificaciones positivas o negativas de sabor.
- Iones químicamente activos  
Por el contrario, una serie de iones de agua para cerveza reaccionan en la maceración con componentes de la malta y tienen influencia, por transformación sobre el valor ácido durante la fabricación de cerveza

Los iones de calcio son importantes por su efecto estabilizador de la  $\alpha$ -amilasa que es, en conjunto con la amilasa  $\beta$ , la más importante de las enzimas participantes en la degradación del almidón durante el proceso de extracción. La  $\alpha$ -amilasa no opera normalmente sin calcio. Los iones de calcio precipitan los fosfatos y reducen el pH del mosto, en presencia de calcio se activan otros enzimas que operan mejor a valores bajos de pH, como la amilasa  $\beta$ .

Por otro lado, los polifenoles se extraen en menor cantidad cuanto más bajo sea el pH, por lo que las cervezas fabricadas con aguas ricas en calcio resultan menos astringentes y coloreadas. Las levaduras en presencia de iones calcio flocculan mejor lo que facilita la clarificación del mosto y la cerveza. Los iones magnesio tienen efectos similares a los iones de calcio, pero su eficacia para la reducción de pH es mucho menor, porque el fosfato magnésico es más soluble que el fosfato cálcico. Los iones magnesio son, sin embargo, esenciales para el funcionamiento de ciertas enzimas de las levaduras (Hough, 1990).

Existe una influencia importante del pH sobre varios procesos, durante la elaboración de la cerveza, por ejemplo, las enzimas actúan de forma óptima solamente con un determinado valor de pH, mientras que con otros valores de pH su eficacia es menor.

Dado que la mayoría de los procesos que tienen lugar durante la fabricación de malta y cerveza, son controlados enzimáticamente, es importante la influencia que tiene el valor pH sobre la calidad del producto, durante la fabricación. El valor de pH durante la fabricación de cerveza está determinado por las sales disociadas y los compuestos orgánicos contenidos en aquella. Estas provienen del agua, de la malta y del lúpulo (Kunze, 2006).

Ablandamiento y deionización.

La dureza temporal puede reducirse por ebullición, especialmente si el agua

de ebullición se airea, esto ayuda a eliminar el dióxido de carbono y precipita carbono cálcico. Es menos eficaz en presencia de iones magnesio, porque el carbonato de magnesio precipita menos y es más soluble. Un tratamiento adecuado para la dureza permanente consiste en tratar el agua con carbonato sódico.

La deionización es un proceso en el que se utilizan resinas intercambiadoras de ácidos o bases. Para eliminar la dureza temporal se emplea una resina débilmente ácida. Para eliminar la dureza permanente del agua, debe utilizarse una resina aniónica que se genera por tratamiento con sosa caustica (Hough, 1990).

### **1.2.6 Adjuntos: Maíz.**

El potencial enzimático de la malta es suficiente para degradar almidón adicional. Por eso, se substituye en algunos países una parte de la malta - por lo general, 15 a 20% - por cereal sin maltear. Este cereal sin maltear, que es más barato como proveedor de almidón que la malta relativamente cara, es denominado adjunto. Los cereales más comúnmente utilizados son: avena, arroz, sorgo, trigo y maíz (Kunze, 2006).

El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (FAO, 1993).

Su origen se dio en la región central de México a través de la fusión de plantas que crecían en forma silvestre como el teocintle o teosinte.

El maíz, pertenece a la familia de las Poáceas o Gramíneas y es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, es una planta domesticada y altamente productiva que no crece en forma salvaje por lo que es completamente dependiente de los cuidados del hombre.

Se considera que el maíz fue cultivado hace aproximadamente 10 mil años a.C. la evidencia más antigua que se tiene es de hace 6,250 años, evidencia encontrada en la cueva de Guila Naquitz, en Oaxaca, a unos kilómetros de Mitla (ASERCA, 2018).

El nombre científico de este grano es *Zea Mays*, los nahuas de Mesoamérica lo llamaban Centli y durante su propagación por el continente americano adquirió nombres como choclo, jojoto, corn, milho o elote y maíz con la

llegada de los españoles a través de la adaptación fonética de mahís.

También se cree que en México se concentra el mayor número de variedades de maíz; blanco, azul, gordo, dulce, chiquito, bofo, vendeño, conejo, dulcillo del Noroeste, chapalote y amarillo, son solo algunas de las más de 60 variedades de maíces que forman parte de nuestra alimentación diaria, además de ser utilizado en la actualidad como forraje para la ganadería (ASERCA, 2018).

Según datos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), México se encuentra en el séptimo lugar de los países productores de maíz en el mundo con 27 millones de toneladas en el año 2019, siendo el estado de Sinaloa como el mayor estado productor en el territorio nacional. Los pequeños productores aportan alrededor de 60 % de la producción nacional, al unirse con los medianos productores (de hasta 10 toneladas/hectárea por año), suman el 91 % de la superficie sembrada, lo que significa que juntos aportan alrededor del 75 % de la producción nacional de maíz (SADER, 2020).

El maíz se cosecha con un contenido de agua de 25 a 30% y se lleva a un contenido de agua de 10 a 14%, mediante secado. La materia seca del grano de maíz está compuesta de:

- Carbohidratos: 76% a 80%
- Proteínas: 9% a 12%
- Lípidos: 4% a 5%
- Fibra cruda y minerales: pequeñas cantidades (menor a 2%)

El aceite se encuentra en el embrión del grano. Debido a la preocupación causada por el efecto nocivo del aceite sobre la espuma, el maíz se desgermina antes del procesamiento, siendo así prácticamente liberado del aceite. El maíz desgerminado tiene entonces un contenido de aceite de aproximadamente 1%. También se toleran contenidos de aceite de hasta 1,5% (Palmer, 1999).

El contenido de proteínas disminuye a aproximadamente 7 a 9%, durante el procesamiento a sémola y flóculos. Estas proteínas quedan también sin disolver de manera que se debe esperar un contenido menor de proteínas, según la porción de maíz. Esto puede tener efectos sobre el suministro de proteínas de bajo peso molecular a la levadura (Palmer, 1999).

El almidón de maíz es similar, también en su forma exterior, al almidón de la cebada. La temperatura a la que el almidón de maíz se gelatiniza es también de 60 a 70 °C, no debiendo esperarse problemas en el procesamiento. El contenido de extracto del maíz desgerminado es de 88 a

90% deshidratado (si se seca al aire su contenido baja a 78%) y en consecuencia aproximadamente igual que en la malta.

El maíz se desgermina en seco antes del procesamiento, siendo separados los embriones y las cáscaras por medio de molinos y aspiradores. El maíz puede procesarse hacia los siguientes productos:

- Sémola de maíz,
- Copos de maíz,
- Sémola refinada,
- Jarabe de maíz.

Copos de maíz (también conocidos como flakes): Los granos de sémola levemente humedecidos se convierten en copos planos, por medio de compresión con rodillos, siendo casi gelatinizados. Los copos pueden ser macerados en esta forma, sin tratamiento previo (Kunze, 2006).

Al utilizar maíz en una cerveza, se produce un sabor suave con menos sabor a malta. El potencial enzimático de la malta, es suficiente para degradar almidón adicional por eso se sustituye en algunos países una parte de la malta (por lo general de 15 a 20% en su formulación) de cereal sin maltear. Esto para reducir costos, pero en este proyecto se propone utilizar maíz para dar una identidad al producto, lo que no afectará el estilo de cerveza, solo otorgará notas sensoriales diferentes.

El maíz en copos es un adjunto común en las cervezas British bitters y milds y se acostumbraba usarlo extensivamente en las American light lager (aunque actualmente es más común el maíz molido). Usado apropiadamente (en la proporción recomendada) el maíz alivianará el color y cuerpo de la cerveza sin modificar el aroma. Se recomienda usar 0.23 kg - 0,91 kg para 18,9 litros. El maíz debe ser macerado con malta base de cebada (Palmer, 1999).

### 1.3 Clasificación de la cerveza

Por el tipo de fermentación presente en la cerveza se puede clasificar en tres categorías:

- Fermentación baja (*Lager*)
- Fermentación alta (*Ale*)
- Fermentación con levaduras silvestres (*Lambic*).

Los estilos tienen un origen: nacen a partir de los ingredientes específicos (tipos de malta, lúpulos y levaduras) y el procedimiento usado en su

elaboración, que le convierten en una receta estable con signos de identidad propios (Ibañez, 2015).

### 1.3.1 Fermentación baja (Lager)

La cerveza estilo lager es el tipo más consumido y popular en el mundo, es el estilo más joven con poco más de 150 años de haber emergido, aproximadamente nueve de cada diez cervezas consumidas son lagers (Oliver, 2011).

Este estilo se define por el tipo de levadura utilizada durante el proceso de elaboración de la cerveza. La levadura para fermentación lager (*Saccharomyces pastorianus*) es una fermentadora de fondo, el sedimento se establece en el fondo del medio fermentador. La levadura de fermentación lager tiene su temperatura óptima de desarrollo en un intervalo de 6 a 13 °C; a la fermentación la sigue un prolongado periodo de acondicionamiento, también a una temperatura relativamente baja, conocido como “lagering”. El nombre lager viene del verbo alemán *lagern*, que significa almacenar, esto es debido a que las lagers generalmente maduran después del proceso de fermentación, este periodo de acondicionamiento va desde semanas hasta meses.

El proceso de lagering ayuda a eliminar muchos de los sabores que aparecen durante la fermentación. El resultado es una cerveza limpia y refrescante, de sabor neutro o incluso nulo, con notas picantes muy sutiles (Hughes, 2017; Oliver, 2011).

Existe una percepción común de que las cervezas lager son doradas, claras y de contenido alcohólico bajo, pero no es así. El color de la cerveza no tiene nada que ver con el tipo de fermentación o tipo de cerveza, si es lager o ale, ni tampoco con el contenido de alcohol en la bebida. Existen lagers oscuras y fuertes, así como también hay ales claras y pálidas. Existen lagers de una gran variedad de sabores, las más representativas se mencionan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Variedades de cerveza lager

Cerveza	Aspecto	Sabor	Aroma	Fuerza % *APV	Características por región
Lager pálida (light)	Muy pálida y de color pajizo	Fresco y seco, a menudo con muy poco sabor. A veces es evidente un dulzor seco, como a maíz	Ligero aroma a lúpulo especiado	2.8- 4.2	Europa. Tienen poco alcohol, totalmente elaboradas con malta, por lo general tiene más sabor que sus homologas americanas. EUA. Muy limpias y de sabor ligero
Pilsner	De color paja claro a dorado oscuro, con espuma blanca y cremosa, duradera	Sabores malteados complejos y amargor suave, final ligeramente dulce	Especiado, floral, mezclado con carácter a malta	4.2- 6	República Checa. Sabor ligero y muy carbonatada. Alemania. Color ligeramente más intenso con amargor y sabor a malta complejos EUA. Muy lupuladas
Lager ámbar	De dorado a oscuro a naranja intenso, con una espuma persistente y blanquecina	Sabor en equilibrio entre maltay lúpulo	Malteado ligeramente tostado con poca onula presencia de lúpulo	4.5- 5.7	Europa. Bastantes dulces con sabores malteados complejos EUA. Fuertes y secas, más sabor a lúpulo
Lager oscuray bock	Oscura e intensa con una espuma cremosa y blanquecina	Suaves acaramelad a, poca presencia de lúpulo, notas quemadas, limpio, seco y refrescante	Malta tostada con poco aroma a lúpulo, notas a chocolate, caramelo y nueces	4.2- 14	Alemania. Tradicionales dulce, fuerte y afrutada. La doppelbock es oscurafuerte y amarga. Las helles es más pálida y lupulada y menos malteada

Fuente: (Hughes, 2017)

\*APV= Alcohol por Volumen

### 1.3.2 Fermentación alta (ale)

Este tipo de cerveza se distingue por utilizar la levadura *Sacchromyces cerevisiae* de fermentación alta, esta levadura asciende a la superficie del mosto durante la fermentación primaria. Estas condiciones permiten que la levadura produzca muchos ésteres y otros compuestos que dan sabor y que pueden conferir a la cerveza terminada una gran variedad de sabores complejos.

La cantidad de ésteres producidos depende en parte de la temperatura de fermentación: cuanto más alta sea la temperatura, más ésteres se producirán (Oliver, 2011; Hughes, 2017).

La mayor parte de azúcares fermentables en un mosto ale proceden de cebada malteada pálida que se ha mezclado con maltas más oscuras para lograr un carácter adicional. En todas las ales también se utiliza lúpulo, en cantidades variables; proporcionan amargor, sabor y aroma, ayudan a conservar la cerveza y equilibran el sabor del alcohol. Típicamente, los niveles de carbonatación de las ales son bajos y es mejor almacenarlas en barriles (Hughes, 2017).

El tipo de levadura *Saccharomyces cerevisiae* es de alta fermentación, el tiempo en el que actúa es relativamente rápido (2-7 días) a temperaturas cercanas al ambiente (15 °C- 25 °C). En este tipo de fermentación las levaduras floculadas ascienden a la superficie del mosto fermentado. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es relativamente hidrofóbica, tiende a buscar la superficie del líquido para poder escapar (Oliver, 2011).

Las cervezas de fermentación alta difieren de las de fermentación baja debido a importantes diferencias en la levadura y su metabolismo, los cuales otorgan un carácter muy propio a la cerveza. Esta levadura se caracteriza por conjuntos gemantes que se deshacen recién terminada la fermentación.

Estos conjuntos ligados entre sí son arrastrados hacia arriba por el dióxido de carbono de fermentación, de manera que la levadura se concentra en la superficie y puede cosecharse allí. Una característica esencial de diferenciación es la fermentabilidad del trisacárido rafinosa, que puede ser aprovechado de forma total por la levadura de fermentación baja y sólo en un tercio por la fermentación alta. Las levaduras de fermentación alta desarrollan una cantidad considerablemente mayor de productos secundarios de fermentación, tales como alcoholes superiores y ésteres (Kunze, 2006).

La superficie celular de las levaduras de fermentación alta (estilo *ale*) está cubierta por pequeñas protuberancias microfibrilares que les confieren una aspereza que permite que las células asciendan a la superficie durante la fermentación (Hornsey, 1999).

Existen varios tipos de cerveza estilo ale, como se menciona anteriormente el hecho de que sea alta o baja fermentación no tiene que ver con el color o contenido alcohólico, sino con los ingredientes, se enlistan los tipos más comunes de cerveza ale en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Variedades de cerveza estilo ale

Cerveza	Aspecto	Sabor	Aroma	Fuerza % APV	Características por región
Ale pálida	Paja claro a dorado con espuma pequeña y persistente	Suave y cremosa con un sutil amargor, la levadura influye en su sabor	Malteado ligero con aroma a lúpulo	4-6	Gran Bretaña. Tiene un ligero carácter floral y no es tan amarga, poco mantecoso Bélgica. Son fuertes, con sabores especiados EUA. Carácter ácido, fresco y seco
India Pale Ale (IPA)	Paja claro a dorado intenso, espuma fina y persistente	Sabores alcohólicos fuertes y especiados, amargor suave y final seco	Aroma a malta y caramelo	5-7.5	Gran Bretaña. Aromas sutiles florales y especiados, amargor perentorio EUA. Intensos aromas y sabores cítricos, alto amargor
Amarga	Dorado claro a cobre oscuro	Caramelo amargo, frutal	Lúpulo suave, caramelo	3.2-6	Gran Bretaña. Lupuladas, dulces con notas a fruta, secas
Ale fuerte	Cobre claro a rojo oscuro, espuma duradera y blanquecina, brumosa	Especiada y malteada, frutal	Poco aroma a caramelo	6-9	Gran Bretaña. Se especian con hierbas y especias. Fuertes Bélgica. Elaboradas todo el año, color pálido, especiados

Continuación del cuadro 6					
Brown Ale	Ámbar oscuro a pardo rojizo, espuma blanquecina	Notas a nuez, caramelo y biscuit, amargor medio	Lúpulo suave, malta y caramelo	2.8-5.4	Gran Bretaña. Las de la región norte son fuertes y malteadas y con notas a nuez; las del sur son más oscuras, dulces y con menor contenido alcohólico
Mild	Cobre oscuro a marrón oscuro, espuma pequeña y de vida corta	Ligero, sutil sabor a lúpulo, muy sabrosa por bajo contenido alcohólico	Notas a caramelo, biscuit y tostado	2.8-4.5	Gran Bretaña. Las mild eran populares en Midlands, donde los trabajadores consumían grandes cantidades porque era muy económica
Vino de cebada	De dorado a oscuro a ámbar oscuro, debido a su contenido alcohólico, deja lágrimas en el vaso	Malta dulce, caramelo, nueces y toffe	Fuertes caracteres a malta y caramelo, jerez	8-12	Gran Bretaña. Intensos sabores a fruta y caramelo, sutil amargor y lúpulo EUA. Tienen más amargor de lúpulo, notas cítricas
Porter	Marrón oscuro o negro	Sabores tostados o suaves, toques de regaliz	Chocolate, ahumado	4-7	Europa. Alto contenido de alcohol, carácter dulce y malteado, fermentación baja como lager
Stout	Marrón muy oscuro a negro azabache, se sirve con nitrógeno para crear una espuma gruesa, tostada, cremosa sin carbonatación	Tostados y amargos quemados; sensación en boca suave y cremosa, amargor moderado	Café tostado, chocolate, aroma nulo a lúpulo	4-7	Irlanda. Seca, espuma gruesa y cremosa Gran Bretaña. Menos gravedad que el resto y bastante dulce EUA. Aroma y amargor fuerte.

Fuente: (Hughes, 2017)

### 1.3.3 Fermentación por levaduras silvestres (lambic)

La cerveza tipo Lambic es un estilo que se elabora exclusivamente en Bélgica, se tiene referencia de su elaboración desde hace 400 años, lo que la hace uno de los estilos más antiguos. Uno de los orígenes más aceptados del nombre se deriva de la ciudad de Leembek.

La fermentación que ocurre en este estilo de cerveza es espontánea, este tipo de fermentación hace a la cerveza inusual debido a que no se añade levadura si no que se deja actuar las levaduras silvestres presentes en el entorno.

A diferencia de las cervezas de estilo común de consumo como lo son las Lager y Ale, la elaboración del estilo Lambic puede durar varios años y para aromatizar se utilizan frutos en lugar de lúpulo, si se añade lúpulo, pero no para buscar un efecto de amargor ni aroma, sino por su capacidad antiséptica.

La base de la cerveza Lambic tiene entre un 30 a 40% de trigo y el restante de la cebada. El contenido de alcohol presente es desde 4 hasta 6%. En general es difícil encontrarla en su forma básica, regularmente se mezcla con otros ingredientes lo que da origen a una subcategoría proveniente de Lambic:

- Gueuze: Una vez que la Lambic está vieja, para elaborar el estilo Gueuze se mezcla lambic vieja con joven y se embotella. Al mezclarse con una lambic joven la cual no ha consumido todos los azúcares en la fermentación se logra terminar de fermentar en la botella donde se produce una carbonatación similar al champagne. Estas cervezas tienen mucho gas y con tonos ácidos, mejora con el tiempo; desde el inicio de producción hasta su consumo suelen pasar 6 o 7 años.
- Faro: También se obtiene a partir del lambic base. Se le da este nombre cuando se añade azúcar, al igual que la Gueuze se da una re- fermentación pero en este caso no termina lo que da lugar a un sabor dulce con carácter burbujeante
- Kriek, Frambonzen: La llamada cerveza de frutas, siendo las cerezas y frambuesas las más utilizadas. Al añadir frutos a la cerveza y dejarla macerar ocurren tres procesos. El primero es que ocurre una re-fermentación debido a los azúcares presentes en el fruto, segundo, el sabor propio del fruto es absorbido por la cerveza y tercero, el color sufre gran cambio tomando un tono similar al fruto utilizado. El periodo de maceración suele ser de 6 semanas.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Proponer el diseño de una planta, producción y distribución de cerveza artesanal con materia prima de origen mexicano por medio de un estudio técnico y económico para la evaluación de un negocio viable.

### **Objetivos específicos**

- Desarrollar un estudio técnico de condiciones de proceso, especificaciones de equipos, materias primas, proceso de elaboración y normatividad, implementando los elementos necesarios para la instalación de una planta de cerveza artesanal.
- Llevar a cabo la investigación de costos para la instalación, producción y distribución de cerveza artesanal.
- Implementar el uso de insumos de origen mexicano para apoyar el mercado interno.
- 

## **2 Metodología de trabajo**

Está conformado por los siguientes puntos:

1. Estudio del mercado: descripción del producto, el comportamiento de la demanda de cerveza, la oferta de la cerveza industrial y de la artesanal, diferenciador de mercado y la conformación de los costos.
2. Estudio técnico del proyecto: tipos de cerveza, características de materias primas, proceso de elaboración de cerveza (proceso teórico), balance de equipos necesarios para la producción estimada, materias primas directas e indirectas, tamaño de producción, localización.
3. Costos, beneficios e inversiones: inversiones del proyecto, determinación de ingresos, ahorros, estado de resultados, proyección anual, cálculo de costos administrativos, por venta (canal de distribución) y proceso de elaboración (proceso propio). (Chain, 2011)

## 2.1 Empresa y estudio de mercado

Nombre de la empresa: "Cervecería Artesanal Galeana S.A. de C.V." (No hay Casa cervecera con el mismo nombre)

Función: Producción y comercialización de cerveza artesanal

Tipo de proceso: fermentación de malta.

En la figura 3 se muestran los posibles logos de la cervecera.



Figura 3. Logotipos de Cerveza Galeana

### 2.1.1 Producción

Entre enero y agosto de 2016 se exportaron a los Estados Unidos 17.98 millones de hectolitros (el 82% de las exportaciones totales). Estados Unidos, Australia, Chile, Canadá, Reino Unido y Brasil son los principales destinos a los cuales se exporta la cerveza mexicana. En cuanto a la producción del sector cervecero, entre enero y septiembre de 2016, ésta se ubicó en 77.9 millones de hectolitros, lo que representa un crecimiento de 7.3% respecto al

mismo periodo del año anterior, cuando alcanzó los 72.6 millones de hectolitros. En este mismo lapso, las exportaciones del sector crecieron 13% con respecto a 2015, alcanzando los 24.5 millones de hectolitros, lo que significa la generación de 55,000 empleos directos y 2.5 millones indirectos. (ACERMEX, 2019)

En México, como muestra la Figura 4, la cerveza es la que domina el mercado de las bebidas alcohólicas, al representar más del 80% del total de las ventas de este sector, en términos de valor. (Cerveceros, 2019)

Los estilos más vendidos por las cervecerías independientes de México son: Pale Ale, India Pale Ale, American Stout, Red Ale y Blonde Ale. (ACERMEX, 2019) Por lo cual bajo la tendencia de mercado se eligen los estilos Pale Ale e India Pale Ale con el diferenciador de agregar notas de las frutas chirimoya y pitahaya con maíz de origen mexicano.



Figura 4. Producción de cerveza en México (INEGI I. N., 2017)

De acuerdo con la producción nacional se estima que el mercado de la cerveza artesanal seguirá creciendo, por lo que, para la producción del producto, se estima una producción mensual de 150 litros, se ofrecerá el producto en botellas de vidrio de 350 ml, medida estándar. La justificación de esta producción se debe a las especificaciones de los equipos, establecida en el apartado 4.3 Equipos y Materiales.

Con esta producción se calcula que aproximadamente se embotellarán 440 botellas al mes, es decir, 22 botellas diarias de 20 días de producción.

### 2.1.2 Estudio de mercado

Con la demanda por consumir cerveza artesanal, el número de cerveceros en el mercado global está creciendo significativamente; debido a esto los gobiernos de muchos países como Australia, Nueva Zelanda, Bélgica, Reino Unido, China y México, comienzan a promover la producción de cerveza artesanal y la apertura de nuevas cervecerías gracias a la contribución al desarrollo económico y generación de empleo que estas impulsan. (Deloitte, 2017)

En la industria manufacturera mexicana, la fabricación de cerveza es una de las actividades más relevantes, pues ocupa el sitio número 14 entre las 291 que la conforman, según un estudio sobre la actividad cervecera en México, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (INEGI, 2020)

En los últimos años, el número de unidades económicas cerveceras está aumentando debido al surgimiento de productores de empresas micro, pequeñas y medianas.

La participación de la cerveza artesanal en la producción nacional de cerveza durante el 2018 fue de 0.16%, lo que aproximadamente equivale a 119,781,080 hectolitros. (ACERMEX, 2019)

Desde el año 2010, se tuvo registro de apenas 14 micro cervecerías, con el paso de los años, la apertura de nuevas ha evolucionado, tanto así que hasta el año 2018 se cuentan con 310 nuevas micro cervecerías. (ACERMEX, 2019). Aunque aún es un mercado en crecimiento si lo comparamos con la producción anual de la cerveza industrial, se ha observado que el crecimiento de la cerveza artesanal se ha incrementado de gran manera en los últimos años, esto se debe gracias a que hay un interés creciente de los consumidores acerca de los diferentes gustos, sabores y experiencias multisensoriales que ofrecen todas las micro cervecerías.

Deloitte realizó una encuesta en 2016, los resultados arrojan que el 53% de la población considera que su bebida alcohólica preferida es la cerveza industrial, en segundo lugar, se encuentra la cerveza artesanal, con un 14%, una cifra bastante alentadora para una industria que crece a pasos agigantados. (Deloitte, 2017)

Los consumidores de cerveza artesanal, cada vez gana más adeptos, sin distinción de edad. Lo mismo son *millenials* que personas maduras, dispuestos a probar la cantidad de matices, densidades, sabores y aromas que permite múltiples combinaciones e interpretaciones que contribuyen a

que los consumidores disfruten de un buen maridaje.

Muchos de ellos están realmente interesados en desarrollar un conocimiento acerca de lo que están probando y no tanto en dejarse llevar por las apariencias y las emociones. Son consumidores que buscan nuevos productos, más elaborados, más finos, algo diferente para el paladar. Lo cual para los productores presenta el reto de un consumidor más exigente, lo que representa un nuevo desafío en busca de una cerveza diferente. (Deloitte, 2017)

En la búsqueda de elaborar un producto nuevo y diferente para el consumidor se plantea la creación de dos estilos de cerveza, con toques de frutas mexicanas que le otorgaran sutiles notas frescas, así como el uso de un alimento muy especial: el maíz, que forma parte de nuestra cultura e identidad como mexicanos.

### 3.1 Descripción del producto.

En el Cuadro 7 contiene los atributos de los productos que se van a ofrecer (Pale Ale Pitahaya con Maíz azul e Indian Pale Ale Chirimoya con Maíz rojo) indicando aspecto, sabor, aroma y contenido alcohólico, datos destinados al cliente.

Cuadro 7. Atributos sensoriales del producto

Atributo	Pale Ale Pitahaya con Maíz azul	India Pale Ale Chirimoya con Maíz Rojo
Aspecto	De paja claro a dorado con una espuma pequeña y persistente	Dorado intenso, buena transparencia con una espuma fina y persistente
Sabor	Suave y cremosa con un sutil amargor de lúpulo. Con notas ligeramente dulces, especiado y un poco agrío	Sabor alcohólico fuerte y especiado, amargor suave y final seco
Aroma	Sutiles notas florales y frescas	Frutal, pino
Contenido alcohólico	4-6 % APV	5-7.5% APV

### 3.2 Elaboración de cerveza artesanal

Existen tres maneras principales para elaborar cerveza artesanal: (Hughes, 2017)

- I. Kit todo en uno
- II. Extracto de malta
- III. Elaborarla desde el grano

En el caso particular de este proyecto se plantea elaborar la cerveza desde el grano por la flexibilidad en el proceso, la posibilidad de utilizar cualquier malta disponible en el mercado, porque su costo es relativamente más bajo que utilizar extracto de malta y por la oportunidad de poder escoger los tipos de lúpulo y levadura. Situación que no es posible en la elaboración por el método de kit todo en uno y con extracto de malta no existe la posibilidad de tener disponibles diferentes tipos de maltas.

El método con grano implica todo el proceso de elaboración de cerveza, consta de tres pasos clave: la maceración, el lavado y la ebullición del mosto, posteriormente al igual que los otros dos métodos se fermentan un periodo que está determinado por el tipo de levadura y tipo de cerveza.

Este último método es más complicado que utilizar un kit y extracto de malta debido a que necesita equipo adicional, conocimientos, tiempo y mayor esfuerzo. Con los métodos descritos anteriormente, se muestra en el Cuadro 8, un comparativo de ventajas y desventajas cuando se opta por el método más largo, que utiliza el grano entero para la elaboración de cerveza.

Cuadro 8. Ventajas y desventajas de la elaboración de cerveza utilizando grano

Ventajas	Desventajas
No hay ningún límite en el número de estilos de cerveza que pueden producirse	Se necesita mucho equipo
Utiliza los ingredientes más baratos	Se necesita de mucho más tiempo para la elaboración
Ofrece un control total sobre los ingredientes utilizados	Al tener más manipulación en el proceso puede haber mayores fuentes de contaminación
Produce la cerveza de más calidad	

El proceso de producción de cerveza artesanal consta de etapas y distintas operaciones que se muestran en la Figura 5.

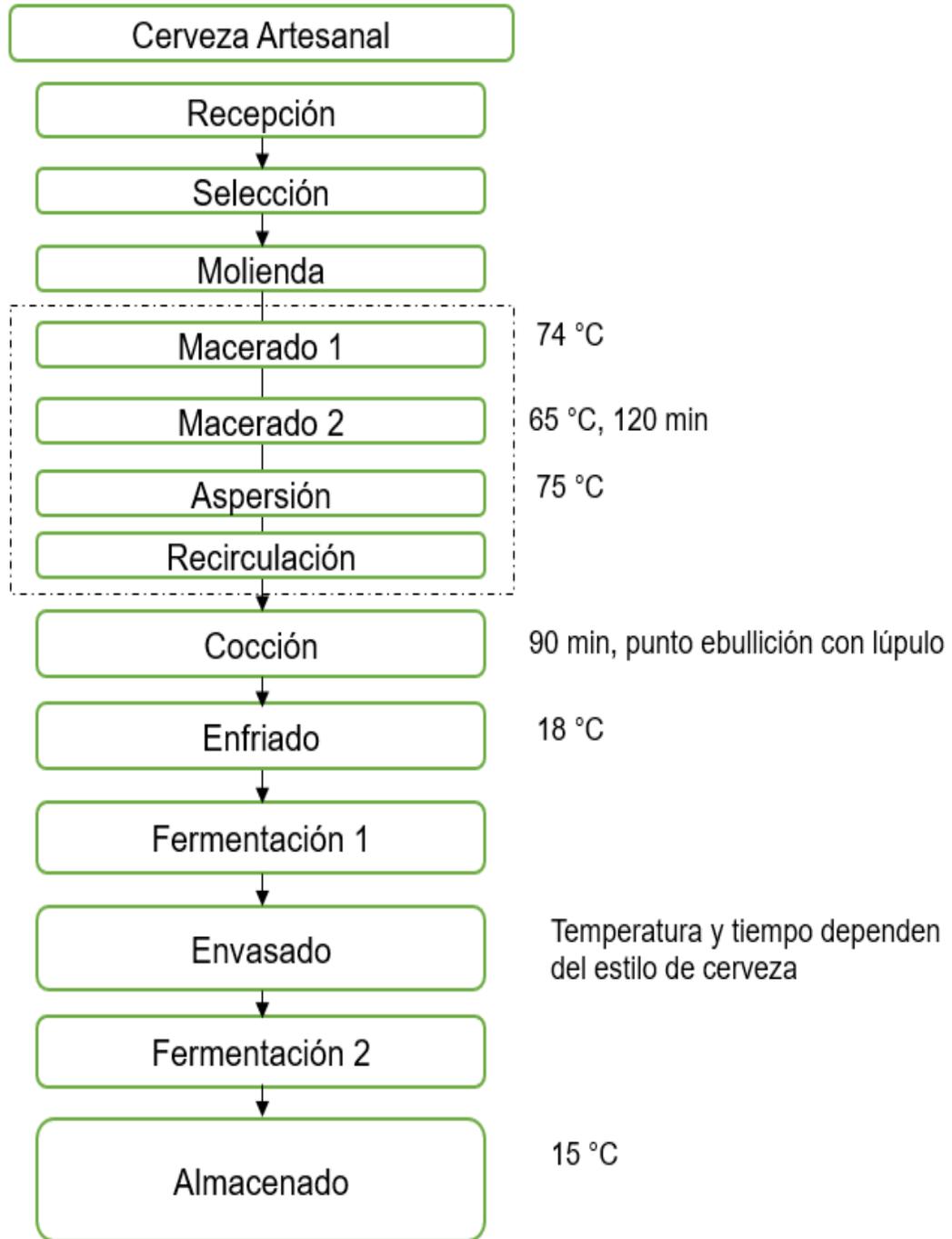


Figura 5. Diagrama de elaboración de cerveza (Hughes, 2017; Kunze,2006)

### 3.3 Descripción del proceso.

#### Molienda.

Consiste en destruir el grano utilizando un molino de rodillos, respetando la cáscara o envoltura y provocando pulverización de la harina. La malta se comprime entre dos cilindros, pero procurando destruir la cáscara lo menos posible pues esta servirá de lecho filtrante en la operación de filtración de mosto. La molienda debe regularse también según el cocimiento, dependerá del equipo (molino) disponible. Se debe tomar en cuenta que la molienda de la malta es un proceso importante ya que la cáscara actúa como un filtro natural que ayuda a retener la cama de granos en su lugar y separar el mosto de los granos con facilidad.

#### Macerado.

En esta etapa se convierten los azúcares de la malta en azúcares fermentables y se ponen a disposición de la levadura en un mosto, este es un proceso enzimático llamado sacarificación. Es necesario añadir agua caliente a 74-78 °C en cantidad suficiente para preparar la papilla, calculando como mínimo 3 L por kg de cereal o malta de la receta.

La papilla ha de tener un aspecto húmedo, pero sin evidenciar exceso de agua (una vez preparada se deja reposar en el macerado, el nivel de agua no debe ser superior al del grano sedimentado) y debe tener una temperatura de 65 °C después de 2 horas, en un recipiente cerrado para minimizar pérdidas de calor, la sacarificación debe estar completa.

Al igual que la malta, el grano de maíz también se muele en esta etapa, utilizando molino de rodillo, para poder someterla a una cocción.

#### Aspersión.

Sin cerrar la válvula del tanque de macerado, se inicia la aspersion del grano, se rocía con agua caliente (77 °C), se recoge el mosto en el tanque de cocción. Se debe regar toda la superficie del macerador por igual, intentando mantener una aportación de agua caliente similar a la del mosto que se evacua, de manera que el nivel de agua dentro del macerador sea lo más constante posible. La aspersion finaliza al obtener el volumen de mosto planificado para la elaboración de cerveza, se cierra la válvula del macerado y de inmediato se realiza un control de densidad removiendo el mosto obtenido para homogeneizarlo.

### Recirculación.

Se abre la válvula del macerador a manera que exista un flujo lento, se recoge el mosto turbio en un recipiente para devolverlo al macerador hasta que el mosto se vea claro y brillante para tener las características de color deseadas.

### Cocción.

En esta etapa se lupuliza el mosto para darle amargor, se realiza hirviendo lúpulo durante 90 min, durante esta etapa, se eliminan proteínas y partículas que enturbiarían la cerveza y se esteriliza el medio para su posterior fermentación. A medida que el mosto se aproxima al punto de ebullición, se forma una capa espesa de aspecto cremoso y color marrón. Cuando empieza a hervir vigorosamente, se añade la primera cuota de lúpulo y se tapa la olla de cocción, se contabilizan los 90 min que dura la etapa de cocción.

En esta etapa se agrega el maíz, puede ser molido o en flakes, a utilizar según el tipo de cerveza a elaborar. La proporción máxima que puede haber en la formulaciones de 40% de maíz.

Después de 75 min de ebullición, se añade la segunda cuota de lúpulos (sabor). Pasados 90 min de ebullición se apaga la olla de cocción y se añade la tercera cuota de lúpulo, removiendo el mosto dejando reposar de 15 a 30 min con la tapa puesta.

Se realiza la separación del mosto de los conos de lúpulo, recirculando 2 litros de mosto. Se recoge en el fermentador ya esterilizado.

### Enfriado.

Se enfría el mosto mediante un intercambiado de calor. Se debe de llegar a una temperatura en el mosto de 20 °C a 24 °C para poder agregar la levadura que esta no muera a alta temperatura

### Fermentación.

A partir de este paso se debe trabajar con el material esterilizado para evitar intrusiones de microorganismos indeseables. La fermentación se divide en dos fases: la fermentación primaria (donde se produce la conversión de azúcar en etanol) y la fermentación secundaria donde se obtiene un grado de fermentación y se termina de metabolizar la levadura los azúcares fermentables.

La cerveza tipo ale se realiza a una temperatura de fermentación de 17 °C a 25 °C, con una duración aproximada de 7 días. Se forma una capa de espuma en la superficie. La primera fermentación finaliza al desaparecer las levaduras superficiales. Posteriormente en la segunda fermentación se deja al mismo intervalo de temperaturas durante unos 15 días más.

La cerveza tipo lager se realiza a una temperatura relativamente baja de 7 a 12 °C durante 5 días en su primera fermentación, posteriormente para la segunda fermentación se debe tener la condición de temperatura a 4 °C durante un mes.

En la primera fermentación se pueden introducir los frutos de origen mexicano que se tengan contemplados según el tipo de cerveza, a partir del cuarto o quinto día de fermentación. La fruta debe limpiarse y sanitizarse previamente para asegurar que no habrá contaminación en la fermentación y que no se generen sabores indeseados. La proporción de fruta con relación al mosto es relativamente muy pequeña.

Trasvasar la cerveza desde el fermentador hacia botellas de vidrio para proceder a iniciar la fermentación secundaria. Se debe evitar remover la levadura depositada en el fondo.

En la fermentación secundaria se debe evitar el contacto de la cerveza con el oxígeno. Para ello se debe trasvasar por las paredes de la botella lo más posible. Se agrega azúcar para gasificar la cerveza.

Etiquetado, embotellado y embalaje

La botella de vidrio para cada cerveza contiene 355 mL, se empaican 16 botellas en una caja de cartón con dimensiones de 24 cm de alto, 28.5 cm de largo y 28.5 cm de ancho.

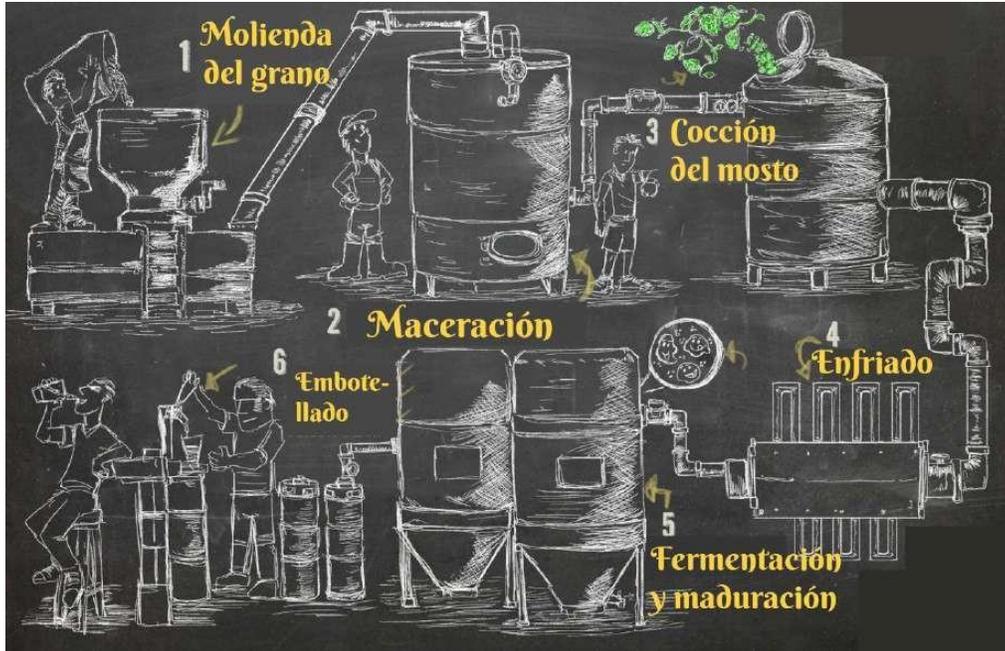


Figura 6. Diagrama de flujo elaboración de cerveza (Extraído de Mascapacitación:cerveza)



Figura 7. Medidas de botella y acomodo en corchete

## 4 Costos.

Se presentan los costos tanto de materia prima con diferentes proveedores, como de equipos para el proceso de elaboración de la cerveza artesanal y los materiales necesarios para asegurar calidad e inocuidad

### 4.1 Materia prima.

Cuadro 9. Costo de las materias primas

Materia prima	Proveedor	Costo
Malta	Maltosaa	\$900.00 (50 kg)
	Central Altiplano (malta Pale ale)	\$1,286.00 (50 kg)
	Central Altiplano (Belgomalt- Pilsen)	\$1,445.00 (50 kg)
Levadura	Central Altiplano (Safale S-04)	\$81.00 (11.5 g)
	Maltosaa (Safale S-04)	\$77.00 (11.5 g)
	De cero a cervecero (Safale S-04)	\$79.00 (11.5 g)
	Fermentando (Safale S-04)	\$47.00 (11.5 g)
	De cero a cervecero (Saflager S-23)	\$124.12 (11.5 g)
	Maltosaa (Saflager S-23)	\$137.00 (11.5 g)
	Fermentando (Saflager S-23)	\$82.36 (11.5 g)
Lúpulo	Fermentando (Galaxy)	\$1,125.33 (500 g)

Continuación cuadro 9		
	Fermentando (Citra)	\$1,327.00 (500 g)
	Fermentando (Simcoe)	\$1,232.00 (500 g)
	Fermentando (Galena)	\$517.38 (500 g)
	Maltosaa (citra)	\$832.00 (454 g)
	Maltosaa (Simcoe)	\$704.00 (454 g)
	Maltosaa (Fuggle)	\$592.00 (500 g)
	Maltosaa (Galena)	\$416.00 (500 g)
	Central Altiplano (Liberty)	\$480.00 (454 g)
	Central Altiplano (East Kent Golding)	\$514.00 (454 g)
	Central Altiplano (Styrian Golding)	\$399.00 (454 g)
	Central Altiplano (Citra)	\$811.00 (454 g)
	De cero a cervecero (Citra)	\$1,121.00 (500 g)
	De cero a cervecero (Galaxy)	\$758.00 (500 g)
	De cero a cervecero (Cascade)	\$519.00 (500 g)
	Maíz	Hydro enviroment (Maíz blanco)
Pequeño productor ML (Maíz azul)		\$615.00 (25 kg)
Pequeño productor ML (Maíz rojo o colorado)		\$980.00 (20 kg)

Continuación cuadro 9		
	La Forrajera de Saltillo (Maíz amarillo molido)	\$230.00 (40 kg)
	La Forrajera de Saltillo (Maíz blanco)	\$295.00 (40 kg)
	Hydro enviroment (Maíz amarillo)	\$1,859.00 (20 kg)
Chirimoya	Walmart	\$69.00 (1 kg)
	Superama	\$76.00 (1 kg)
Pitahaya	Walmart	\$69.00 (1 kg)
	Pequeño productor	\$60.00 (1 kg)
	Superama	\$69.00 (1 kg)
	Solo Stocks (Congelada)	\$42.00 (1 kg)
	Solo Stocks (En polvo)	\$150.00 (25 kg)
	Superama	\$76.00 (1 kg)
	Pequeño productor 2	\$43.00 (1 kg)

En la producción de cerveza artesanal con insumos de origen mexicano, se plantea que la materia prima se compre al comercio local, es por ello por lo que se enlista en el Cuadro 9 el costo en peso mexicano de diversas materias primas a obtener y los posibles proveedores.

## 4.2 Equipos y materiales

Se proyecta la posibilidad de realizar 150 litros por lote por lo cual se usará equipo de las siguientes características:

### 4.2.1 Equipos.

El equipo requerido para la producción de 150 litros por lote se enlista en el Cuadro 10, contiene especificaciones del equipo, así como el costo en pesos mexicanos.

Cuadro 10. Características y costo de equipos

Equipo	Modelo	Características	Costo (mxn)	Imagen
Sistema de tres tanques	BWRBE150L	Capacidad de 150 litros nominales Acero inoxidable calibre 16 tipo 304. Equipadas con termómetro de 0 a 150 °C, válvulas de salida y quemadores de 23 esperas.	\$126,059.00	
Fermentador con cierre hermético	FRCH150NP T	Capacidad de 150 litros. Medidas del vaso: 55 cm de diámetro por 50 cm de altura. Cono 55 cm de diámetro por 40 cm de altura. Acero inoxidable 304 calibre 14 Equipado con termómetro de 0 a 150 °C	\$27,588.20	

Continuación cuadro 10

<p>Bomba Chugger</p>	<p>CHSS1-21N</p>	<p>Peso: 3 kg                  Entrada y salida 1/2"                  Caudal máximo 7 GPM                  Cabezal máximo 18.6 pies                  Potencia 1/20 HP                  Voltaje 115 voltios Hertz                  50/60 Hz                  Máxima temperatura líquida 120 °C</p>	<p>\$5,981.58</p>	
<p>Molino de rodillo</p>	<p>AMCER002 2</p>	<p>Tolva / 3 kg de grano</p>	<p>\$4,128.50</p>	
<p>Corcholatador, Taponador de banco</p>	<p>Colt Strong Capper</p>	<p>Alta resistencia</p>	<p>\$2,200.00</p>	

Continuación cuadro 10

Embotelladora a contra presión	Williams Warn AC1174	Capacidad de llenado 500 mL en 40 segundos	\$6,000.00	
Etiquetadora	Bernal Bambú	Para botellas de 355 mL Peso: 3 kg Dimensiones: 19x22.5x30 cm	\$4,120.00	
Chiller, intercambiador de calor (enfriador de placas)	Blinchmann Therminator	Acero inoxidable 316 Capacidad de enfriado 40 litros en 5 min	\$6,176.00	
Total de equipos			\$182,253.28	

#### 4.2.2 Materiales

Este apartado se refiere a otras materias indirectas, como detergente para limpiar la línea de producción, sanitizante, botellas, corcholatas que son indispensables, se muestran en el Cuadro 11 que contiene sus características y costo en moneda nacional.

Cuadro 11. Características y costo de materiales

Material	Modelo	Características	Costo (mxn)	Imagen
Detergente	Bio NOALC	Cantidad 4 kg por cubeta Detergente alcalino no caustico para limpieza diaria	\$613.00	
Detergente	BIO ACID1	Cantidad 4 kg porgarrafa Limpiador ácido para equipos y líneas	\$319.00	
Sanitizante	BIO SANISAN	Ácido Fosfórico Cantidad 4 kg No requiere enjuague	\$370.00	
Botella long neck ámbar	Botella ámbar	Capacidad de 355 mL	\$4.82 pza Por lote \$2,036.61	

Continuacion cuadro 11

Corcholata	BL03	26 mm	\$0.18 pza Por lote \$76.05	
------------	------	-------	-----------------------------------	---

### 4.3 Servicios

Se requiere de servicios tales como agua y electricidad, por tal motivo en el Cuadro 12 se muestra el costo por lote de cada servicio. Estas cifras se basaron en un consumo doméstico promedio, pues la producción está basada en un número de litros por lote, lo que significa que la línea de producción solo será ocupada algunos días no diario, ni todo el día, por este motivo, estas cifras de costo de servicios son aproximadas, no exactas.

Cuadro 12. Costo de servicios

Servicio	Costo por lote
Agua	\$198.00
Electricidad	\$230.00
Gas LP	\$180.00

### 5 Costo de producción materia prima.

El Cuadro 13 contiene cifras en pesos mexicanos de una proyección anual que se realizó, empezando por el año 2021, cada año deberá tener un crecimiento del 20%. Para cada estilo de cerveza se muestran los ingredientes requeridos, la cantidad necesaria de cada uno y su costo por unidad, para obtener un costo total de cada ingrediente y así obtener el costo total anual requerido para la producción de los dos estilos de cerveza.

Cuadro 13. Costo de producción de materia prima directa (proyección anual)

Estilo de cerveza	Ingrediente	Ventas (litros)	Año				
			2021	2022	2023	2024	2025
			1800	2160	2592	3110.4	3732.48
Pale Ale Pitahaya	Malta	Cantidad necesaria (kg)	336.52	403.83	484.59	581.51	697.81
		Costo por unidad	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72
		Costo total	8655.34	10386.41	12463.69	14956.43	17947.71
	Lúpulo (Liberty)	Cantidad necesaria (kg)	2.74	3.29	3.94	4.73	5.68
		Costo por unidad	1057.26	1057.26	1057.26	1057.26	1057.26
		Costo total	2895.97	3475.17	4170.20	5004.24	6005.09
	Lúpulo (East Kent Golding)	Cantidad necesaria (kg)	1.80	2.16	2.59	3.11	3.73
		Costo por unidad	1132.15	1132.15	1132.15	1132.15	1132.15
		Costo total	2037.87	2445.44	2934.53	3521.44	4225.73
	Lúpulo (Styrian Golding)	Cantidad necesaria (kg)	1.25	1.50	1.80	2.16	2.60
		Costo por unidad	878.85	878.85	878.85	878.85	878.85
		Costo total	1100.47	1320.57	1584.68	1901.62	2281.94
	Levadura	Cantidad necesaria (kg)	0.90	1.08	1.30	1.56	1.87
		Costo por unidad	4086.95	4086.95	4086.95	4086.95	4086.95
		Costo total	5117.57	6141.09	7369.30	8843.16	10611.80
	Agua	Cantidad necesaria (kg)	2465.22	2958.26	3549.91	4259.90	5111.87
		Costo por unidad	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
		Costo total	1725.65	2070.78	2484.94	2981.93	3578.31
Azúcar	Cantidad necesaria (kg)	8.10	9.72	11.66	14.00	16.80	
	Costo por unidad	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
	Costo total	202.50	243.00	291.60	349.92	419.90	

Continuación cuadro 13

		Cantidad necesaria (kg)	8.10	9.72	11.66	14.00	16.80
		Costo por unidad	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
		Costo total	202.50	243.00	291.60	349.92	419.90
	Pitahaya	Cantidad necesaria (kg)	117.39	140.87	169.04	202.85	243.42
		Costo por unidad	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
		Costo total	7043.48	8452.17	10142.61	12171.13	14605.36
	Maíz azul	Cantidad necesaria (kg)	67.30	80.77	96.92	116.30	139.56
		Costo por unidad	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60
		Costo total	1655.69	1986.82	2384.19	2861.03	3433.23
	Costo total anual (\$)		30434.54	36521.45	43825.74	52590.89	63109.07
India Pale Ale Chirimoya	Malta	Cantidad necesaria (kg)	469.56	563.47	676.17	811.40	973.69
		Costo por unidad	25.72	25.72	25.72	25.72	25.72
		Costo total	12077.21	14492.66	17391.19	20869.43	25043.31
	Lúpulo (Citra)	Cantidad necesaria (kg)	6.88	8.26	9.91	11.90	14.28
		Costo por unidad	1876.65	1876.65	1876.65	1876.65	1876.65
		Costo total	12924.40	15509.28	18611.14	22333.37	26800.05
	Lúpulo (Simcoe)	Cantidad necesaria (kg)	4.6173	5.54	6.64	7.97	9.57
		Costo por unidad	1550.66	1550.66	1550.66	1550.66	1550.66
		Costo total	7160	8592	10310.40	12372.48	14846.98
	Levadura	Cantidad necesaria (kg)	0.9	1.08	1.29	1.55	1.86
		Costo por unidad	4086.95	4086.95	4086.95	4086.95	4086.95
		Costo total	3678.25	4413.90	5296.68	6356.02	7627.22
	Agua	Cantidad necesaria (L)	2660.86	3193.04	3831.65	4597.98	5517.57
		Costo por unidad	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Continuación cuadro 13							
		Costo total	1862.60	2235.13	2682.15	3218.58	3862.30
Azúcar		Cantidad necesaria (kg)	8.1	9.72	11.66	13.99	16.79
		Costo por unidad	25	25	25	25	25
		Costo total	202.5	243	291.6	349.92	419.90
Chirimoya		Cantidad necesaria (kg)	156.52	187.82	225.39	270.46	324.56
		Costo por unidad	70	70	70	70	70
		Costo total	10956.52	13147.82	15777.39	18932.86	22719.44
Maíz rojo		Cantidad necesaria (kg)	93.91	112.69	135.23	162.28	194.73
		Costo por unidad	49	49	49	49	49
		Costo total	4601.73	5522.08	6626.50	7951.80	9542.16
		Costo total anual (\$)	53463.25	64155.90	76987.08	92384.50	110861.40

Las proyecciones se realizan con un crecimiento del 20% anual tomado como un valor conservador, considerando que el crecimiento del mercado de cerveza artesanal general tiene un crecimiento del 25%, del total producido el primer año se proyecta para el crecimiento hasta el año 2025.

En el Cuadro 14 se muestra una proyección anual para la materia prima indirecta, como lo son detergentes para la línea de producción, sanitizante, botellas y corcholatas. Las cifras de los costos obtenidos se realizaron haciendo una proyección de la cantidad necesaria y su costo en pesos mexicanos para cada material, de esta manera se pudo contabilizar el costototal anual requerido para la materia prima indirecta.

Cuadro 14. Costo de producción materia prima indirecta (proyección anual)

Material	Ventas (litros)	Año				
		2021	2022	2023	2024	2025
		1800	2160	2592	3110.4	3732.48
Detergente Limpieza diaria	Cantidad necesaria (kg)	17	20.4	24.5	29.4	35.3
	Costo por unidad	153.25	153.25	153.25	153.25	153.25
	Costo total	2605.25	3126.3	3751.56	4501.87	5402.24
Detergente P/Equipos y líneas	Cantidad necesaria (kg)	42	50.4	60.5	72.6	87.1
	Costo por unidad	79.75	79.75	79.75	79.75	79.75
	Costo total	3349.5	4019.4	4823.28	5787.93	6945.52
Sanitizante	Cantidad necesaria (kg)	42	50.4	60.5	72.6	87.1
	Costo por unidad	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
	Costo total	3885	4662	5594.4	6713.28	8055.93
Botella ámbar	Cantidad necesaria (pza)	5070.4	6084.5	7301.4	8761.7	10514.0
	Costo por unidad	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82
	Costo total	24439.4	29327.3	35192.8	42231.3	50677.6
Corcholata	Cantidad necesaria (pza)	5070.4	6084.5	7301.4	8761.7	10514.0
	Costo por unidad	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
	Costo total	912.7	1095.2	1314.3	1577.1	1892.5
	Costo total anual (\$)	35191.9	42230.2	50676.3	60811.5	72973.8

Al igual que la proyección anual para las materias primas se utilizó la misma metodología para determinar la cantidad necesaria de cada una, según el año de producción.

Los costos de administración se encuentran en el Cuadro 15, contiene servicios, que se calcularon tomando en cuenta el consumo promedio de una oficina en el área metropolitana (Datos obtenidos de Comisión Nacional de Electricidad, Comisión Nacional del Agua y Teléfonos de México) y se multiplicó por 12 meses, el consumo anual denota la cantidad de unidades que se utilizaron por año según el servicio. El total anual es el costo de los servicios requerido para administrar durante un año de operación.

Cuadro 15. Costo de administración año de arranque de operación 2021

Costos administrativos primer año de operación (2021)		
Concepto	Consumo anual	Total anual (\$)
Electricidad	271.5 kW/h	813.68
Agua	4.28 m <sup>3</sup>	773.94
Teléfono e internet	-	4668.00
Total		6,255.63

Los costos de venta corresponden a costos necesarios para la distribución y colocación de la cerveza en el mercado, la única diferencia con los costos de administración es que en la venta se estipula el concepto de gasolina el cual es necesario para el principal canal de distribución a los puntos de venta y en caso del teléfono e internet se considera

Cuadro 16. Costo de venta año de arranque de operación 2021

Gastos de venta primer año de operación (2021)		
Concepto	Consumo anual	Total anual
Gasto de venta		
Electricidad	271.5 kW/h	\$ 813.69
Agua	4.28 m <sup>3</sup>	\$ 773.94
Teléfono e internet	-	\$ 4668.00
Distribución		
Gasolina	696 L	\$12,903.84
Total		\$19,159.47

En el Cuadro 17 se muestra el costo total para la producción del primer año de operación, el concepto de materia directa corresponde a la suma del costo de toda la materia prima que se utiliza para elaborar los estilos de cerveza “Pale Ale Pitahaya e Indian Pale Ale Chirimoya”.

Materia prima indirecta corresponde a la suma del costo de todos los materiales como: detergentes, sanitizante, botellas y corcholatas.

Los gastos de producción se determinaron a partir de los servicios necesarios para poder producir durante el primer año de operación, por lo cual los consumos respectivos se calcularon por año.

Cuadro 17. Costos de producción

Costos de producción para el año 2021		
Concepto	Total anual	
Materia prima		
Directa	83897.80	
Indirecta	35191.9	
Gastos de producción		
Concepto	Consumo anual	Total anual
Electricidad	90.5 kWh	4882.11
Agua	20 m <sup>3</sup>	3611.72
Gas LP	63 kg/h	62.95
<b>Costo total de producción</b>		<b>127646.44</b>

En el Cuadro 18 se muestra la inversión necesaria para el arranque del proyecto, la cual es \$326,978.81 correspondientes a los equipos para la elaboración de cerveza materia prima directa e indirecta.

El concepto de activos fijos corresponde a la suma de todos los recursos tangibles para la producción, tales como maceradores, ollas de cocción, fermentadores, etiquetadora, entre otros.

Los activos diferidos corresponden a la suma de los costos de producción, venta y administrativos.

Cuadro 18. Inversión total de proyecto

Inversión total	
Concepto	Monto
Activos fijos	\$182,253.28
Activos diferidos	\$144,725.53
<b>Total</b>	<b>\$326,978.81</b>

El Cuadro 19 muestra el estado de resultados proyectado por año de producción, se determinó a partir de los litros totales anuales y la venta de ellos a un precio de venta del primer año de \$80.00 pesos mexicanos.

Del total de ventas se tiene que restar el costo generado por dichas ventas, así se obtiene la utilidad bruta. A dicha utilidad se le restan los gastos generados en operación, los cuales son administrativos.

Posteriormente se obtiene la utilidad en operación, a esa utilidad se le tienen que restar los impuestos aplicados por el estado, los cuales son del 30% de la utilidad

en operación, dando como resultado la utilidad neta al término del año correspondiente.

Cuadro 19. Estado de Resultados de la Producción Anual

<b>Estado de Resultados Producción Anual</b>					
	Año				
	2021	2022	2023	2024	2025
Litros	1800	2160	2592	3110.4	3732.48
Precio de venta por litro	\$80.00	\$80.00	\$80.50	\$80.50	\$81.00
Ventas totales	\$144,000.00	\$172,800.00	\$208,656.00	\$250,387.20	\$302,330.88
Costo de ventas -	\$19,159.47	\$19,159.47	\$19,159.47	\$19,159.47	\$19,159.47
Utilidad bruta	\$129,008.53	\$157,808.53	\$193,664.53	\$235,395.73	\$287,339.41
Gastos en operación	-	-	-	-	-
Gastos de admón.	\$6,255.63	\$6,255.63	\$6,255.63	\$6,255.63	\$6,255.63
Utilidad en operación	\$126,920.91	\$155,720.91	\$191,576.91	\$233,308.11	\$285,251.79
ISR (30%)	\$38,076.27	\$46,716.27	\$57,473.07	\$69,992.43	\$85,575.54
PTU(10%)	\$12,692.09	\$15,572.09	\$19,157.69	\$23,330.81	\$28,525.18
Utilidad neta	\$71,150.95	\$88,430.95	\$109,944.55	\$134,983.27	\$166,149.47

## 6 Ubicación y distribución de la planta

La Figura 8 muestra la ubicación propuesta para elaborar la planta, que es en Tlalnepantla, Estado de México. Se tiene disponible una ubicación con la oportunidad de no generar un gasto por concepto de renta.

El espacio cuenta con 21 m<sup>2</sup> el cual es suficiente para la producción planteada de 150 litros por mes con posibilidad de hacer una ampliación para una producción mayor.

El espacio cuenta con todos los servicios necesarios como agua y electricidad y el uso de suelo permite la producción de alimentos o bebidas alcohólicas.

La razón de que la planta se instale en este espacio es que tiene cerca proveedores de materia prima necesaria para elaborar el producto, como la central de abastos y comercializadoras de insumos específicos para cerveza artesanal.



Figura 8. Ubicación de la planta

La distribución de los equipos en el espacio disponible es de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 8. Cada equipo corresponde a un número:

1. Molino
2. Tanque de agua
3. Macerador
4. Olla de cocción
5. Intercambiador de calor
6. Fermentador 1
7. Fermentador 2
8. Embotelladora

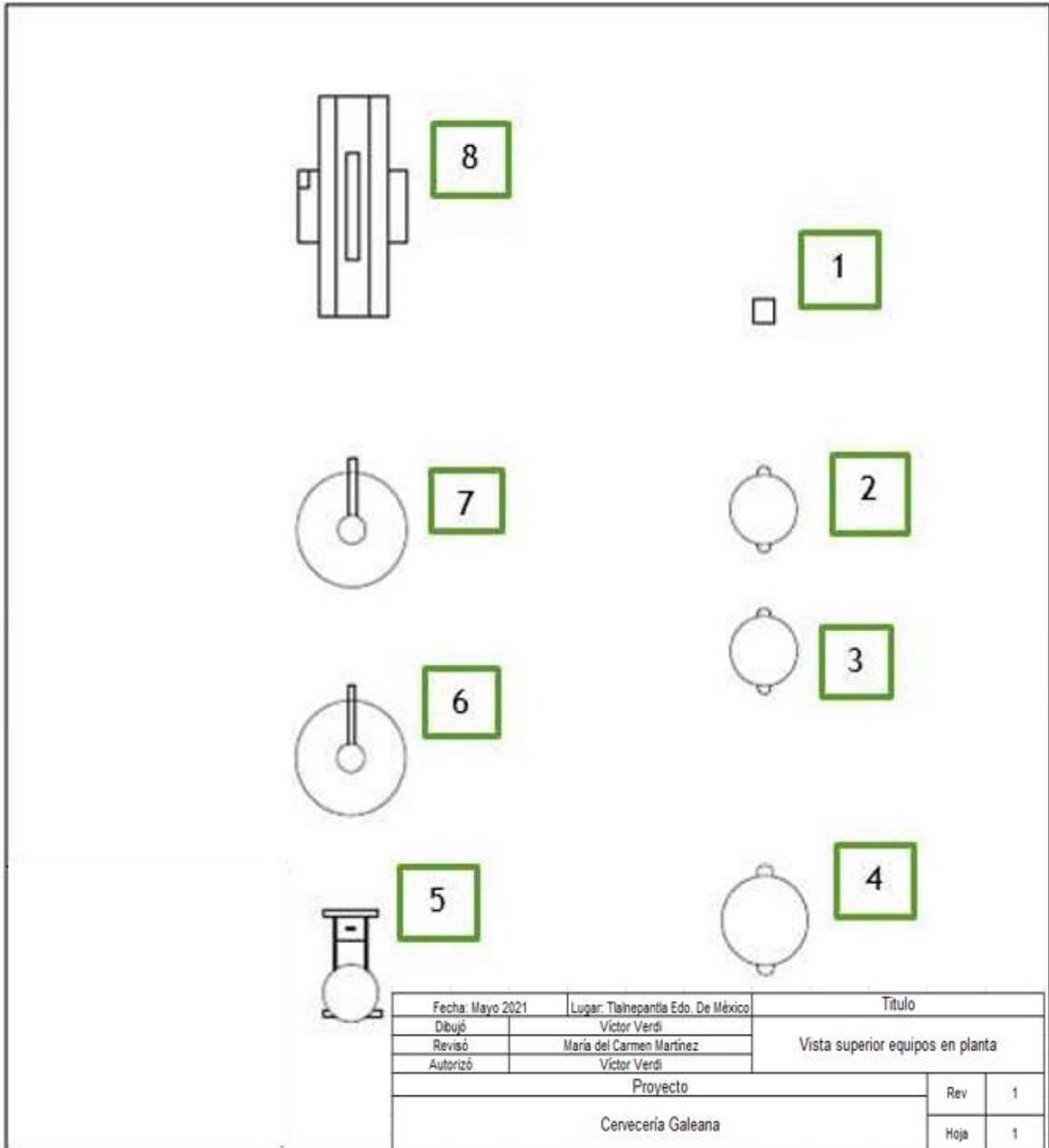


Figura 9. Vista superior de la planta donde se muestra el acomodo de los equipos.

La distribución de los equipos de la planta de cerveza artesanal está planeada para que el orden de los equipos incluya tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, como el almacenamiento, los trabajadores y todas las actividades.

Este método de distribución dispone los equipos de producción de tal manera que se obtenga un movimiento más directo dentro del área de producción. Haciendo una combinación del área cuadrada o rectangular, aprovechando así el espacio.

## CONCLUSIONES

Con los datos recabados es posible definir la viabilidad del proyecto en prospección, pues se establece la inversión necesaria para iniciar la elaboración de cerveza artesanal

El proceso genera de forma limitada un apoyo a los pequeños productores y distribuidores de los insumos de origen mexicano haciendo crecer el mercado interno.

El uso de insumos de origen mexicano significa un diferenciador importante en un mercado altamente competitivo y que puede crear impacto en el consumo de productos mexicanos.

Es importante aportar productos al mercado que tengan calidad y características que ofrezcan experiencias nuevas al consumidor; con los insumos y procesos propuestos es posible generar estas experiencias.

## REFERENCIAS

---

- ACERMEX, A. C. Asociación Cervecera Mexicana (2019). *Reporte de la industria cervecera independiente mexicana 2018*. México: ACERMEX.
- ASERCA. (19 de Enero de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios: <https://www.gob.mx/aserca/articulos/conoces-el-origen-del-maiz?idiom=es>
- Bamforth, C. (2003). *Beer Tap into the Art and Science of Brewing*. New York: Oxford University Press.
- Berger, C. (2005). *El libro del amante de la cerveza*. España: OLAÑETA.
- Cerveceros. (31 de Diciembre de 2019). *Cerveceros de Mexico*. Obtenido de <https://cervecerosdemexico.com/estado-de-la-industria/>
- Chain, N. S. (2011). *Proyectos de inversión Formulación y Evaluación*. Santiago de Chile: Pearson.
- Daniels, R. (2018). *Introducción a la cerveza del programa de certificación Cicerone*. Chicago Estados Unidos de América: Cicerone Certification Program.
- Deloitte. (2017). *La cerveza artesanal. Una experiencia multisensorial*. Reino Unido.
- FAO. (1993). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S00.htm#Contents>
- Hornsey, I. (1999). *Elaboración de cerveza Microbiología, bioquímica y tecnología*. Zaragoza España: ACRIBIA, S.A.
- Hough, J. S. (1990). *Bioteología de la cerveza y malta*. Zaragoza: ACRIBIA, S.A.
- Hughes, G. (2017). *Cómo elaborar cerveza casera*. Barcelona: Ediciones Omega.
- Ibañez, P. (2015). *Guía de la cerveza en México*. Ciudad de México : Planeta Mexicana.
- INEGI. (2015). *Estadísticas a propósito de... La actividad de la Elaboracion de la cerveza*.
- INEGI. (2020). *Gobierno de México*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI, I. N. (2017). *Estadísticas a propósito de la actividad de Elaboración de cerveza*. México: INEGI.
- Kovarik, M. (2019). *International Hop Growers Convention*. Freising, Alemania: Economic Comission.
- Kunze, W. (2006). *Tecnología para cerveceros y malteros*. Berlín: VLB Berlín.
- Machin, C. S. (2016). *Levadura Sacharomyces cerevisiae y la produccion de alcohol. ICIDCA Sobre los derivados de la caña de azúcar, 20-28*.
- Meussdoerffer, F. (2009). *A Comprehensive History of Beer Brewing*. Weinheim Germany:

WILEY- VCH.

Oliver, G. (2011). *The Oxford companion to Beer*. New York: Oxford University Press.

Palmer, J. J. (1999). *How to brew*. Obtenido de [www.howtobrew.com](http://www.howtobrew.com)

Querol, A. (2003). Molecular evolution in yeast of biotechnological interest. *International Microbiology*, 201-05.

Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (22 de Julio de 2020). *Gobierno de Mexico* .  
Obtenido de Maiz, el cultivo de Mexico:  
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-el-cultivo-de-mexico?idiom=es>

SEMARNAT. (29 de septiembre de 2019). *Gobierno de México*. Obtenido de Maíz, sustento e identidad de la población mexicana: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/maiz-sustento-e-identidad-de-la-poblacion-mexicana>