

**INGENIERÍA EN QUIMICA**

**INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

**Determinación de los parámetros del metanol y furfural durante el proceso de fermentación y destilación durante “LA PRODUCCION DEL MEZCAL ARTESANAL EN UN PALENQUE DEL ESTADO DE OAXACA”**

**Presentado por:**

**ANA PRISCILA GOMEZ RODRIGUEZ**

**No. De control:**

**14270304**

**Asesor interno:**

**ING. WILBERTH MORGAN BLANCO CARRILLO**

**Asesor externo:**

**ING. ALEJANDRA IRAIS RAYMUNDO ORTIZ**

**Revisores:**

**ING. JORGE ARMANDO GOMEZ SOLIS**

**MTRO. FRANCISCO MARTINEZ**

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Septiembre del 2018**

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa Sabores Intensos C.V por permitirme proyecto y brindarme el apoyo como estudiante guiándome hasta el ciclo de terminación, en el proyecto “Determinación de los parámetros del metanol y furfural durante el proceso de fermentación y destilación durante la producción de mezcal artesanal en un palenque del estado de Oaxaca”.

Al Instituto Tecnológico de Oaxaca ITO por brindarme el apoyo en sus instalaciones para la realización de pruebas de laboratorio.

Al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por brindarme el apoyo de guía estudiantil hasta alcanzar dicho objetivo

Al Ing. Wilbert Morgan Blanco Carrillo, quien dirigió este trabajo, y mediante sus asesorías, comentarios, sugerencias y dedicación, fue posible la conclusión de este trabajo.

A la Ing. Alejandra Irais Reymundo Ortiz por todo el apoyo y consejos que me brindó durante mi estancia de residencia

Al I Ing. Jorge Miguel Martínez Canseco, por brindarme la orientación, y dirigirme en mi proyecto por su dedicación hasta el tiempo de terminación de este proyecto.

A la Ing. Jorge Armando Gómez Salinas por el apoyo y consejos que me brindó durante mi estancia de residencia y ayudarme hasta la terminación.

A la Ing. Francisco Martínez por todo el apoyo y consejos que me brindó durante mi estancia de residencia y brindarme apoyo y hasta el tiempo terminación.

Principalmente a dios por guiarme en esta etapa, y a mi familia y amigos que estuvieron en los momentos más complicados apoyándome.

## **RESUMEN**

El proyecto a describir, lo iniciamos como una introducción a los parámetros de metanol y furfural encontrados como una de los problemas más grandes del proceso del mezcal que se ha dado en el estado de Oaxaca y sus alrededores así mismo analizar la problemática, comenzando desde el producto de fermentación y analizando los tiempos de fermentación y sus componentes y así mismo implicando la destilación ahí vemos el tiempo de determinación de cambios de temperatura y los cambios de % alcohólico implementando una mejora en cuanto los cambios de temperatura y los cambios de fermentación mejorando el proceso de acuerdo a los siguientes parámetros de acuerdo a la temperatura en la destilación mejorando así el proceso obteniendo los resultados congruentes a lo deseado.

# INDICE GENERAL

<b>PORTADA.....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>2</b>
RESUMEN.....	3
INDICE GENERAL.....	4-5
MACRO LOCALIZACION.....	6
MICRO LOCALIZACION .....	7
MISION Y VISION.....	8
DESCRIPCION DE LA EMPRESA .....	9
INTRODUCCION.....	10
OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICOS .....	11
JUSTIFICACION.....	12
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION.....	13-14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>17</b>
NORMA BEBIDAS ALCOHOLICAS NOM-070-SCFI-1994 .....	18-19
ESPECIFICACIONES FISICOQUIMICAS PARA EL PROCESO DEL MEZCAL.....	20
TERMINOS DEL ORIGEN DEL MEZCAL.....	21-22
ESPECIFICACIONES DE LOS PARAMETROS DE LA FERMENTACION .....	23
CRM= PARÁMETROS DE LOS ANALISIS DE MUESTREO DE MEZCAL.....	24-25
PROCESO DEL MEZCAL.....	26-27
FERMENTACION.....	28-31
PROPIEDADES PARA UNA FERMENTACION DE CALIDAD.....	32
DIAGRAMA DE FLUJO.....	33
METODOLOGIA.....	34
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS FERMENTACION.....	35
DESCRIPCIÓN DEL ANALISIS.....	36-37
COMPROBACION.....	38
DESARROLLO (DESTILACION).....	39
DESCRIPCION DE ANALISIS.....	40-42
RESULTADOS AGAVE KARWINSKII (TOBASICHE).....	43
2.2 TABLA DE DATOS DE FERMENTACION (P2).....	44
RESULTADOS CON AGAVE ESPADIN.....	45
4.4 TABLA DE DATOS DE FERMENTACION (P1) A. ESPADIN.....	46
RESULTADOS DE DESTILACION .....	47
P2, TABLA DESTILACION DE ESPADIN CONFORME A LOS PARAMETROS DENTRO DEL RANGO.....	48

RESULTADO CON PRUEBAS DE CROMATOGRAFIA.....	49-50
CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS USADOS.....	51-53
FUENTES DE INFORMACION.....	54
ANEXOS (DIAGRAMA DEL PROCESO DEL MEZCAL).....	55

## MACRO LOCALIZACION

La localización de Sabores Intensos de C.V se encuentra en la capital del estado de Oaxaca de Juárez el cual se localiza hacia el centro y noroeste, pero también hacia el sur en la costa. (fig 1).



Macro localización del estado del Oaxaca fig. 1

# MICRO LOCALIZACION

Oaxaca de Juárez, Col Santa Rosa 68010, Manuel Ávila Camacho 224, Guadalupe Victoria, Oaxaca, Oax. (Fig. 2)



## MISION

---

Misión ser una comercializadora de mezcales y destilados de agave de calidad a precios justos, con un trato personal y humano para satisfacer las necesidades de los clientes, proveedores y el medio ambiente, siendo una empresa sustentable y factible.

## VISION

---

Llegar a ser una empresa de impacto nacional e internacional dentro de la industria del mezcal, reconocida por sus productos de calidad y su excelencia en el servicio.



## DESCRIPCION DE LA EMPRESA

---

### SABORES INTENSOS, S. DE R.L DE C.V. MARCA COMERCIAL “KOCH EL MEZCAL”

Sabores Intensos, S de R.L. de C.V., empresa joven oaxaqueña que tiene como visión llegar a ser una empresa de impacto nacional e internacional dentro de la industria mezcalera, reconocida por su calidad y su excelencia en su servicio.

Ser una comercializadora de mezcales y destilados de agave de calidad a precios justos, con un trato personal y humano para satisfacer las necesidades de los clientes, proveedores y el medio ambiente, siendo una empresa sustentable y factible.

A pesar de que esta bebida tiene una gran importancia económica para los estados donde se produce, tiene un gran sentido cultural y tradicional el producir mezcal, ya que diversos maestros mezcaleros le añaden un sabor característicos dependiendo de la zona en donde se produzca el mezcal es decir, le ponen la esencia que caracteriza a un buen mezcal

## ORGANIZACION

---

La empresa cuenta con un director general y con un total de 100 empleados, está a su vez tiene áreas definidas en las cuales se desempeña las actividades indicadas, en el cual cuenta con 5 áreas como: Contabilidad, Área de Líquidos, Envasado, Etiquetado y Logística.

El departamento en el que trabajamos fue el área de líquidos en esta área laboran 8 personas encargadas de entregar el liquido correspondiente y en las condiciones adecuadas para el envasado. En esta área trabajan con las condiciones adecuadas a las normas NOM-070-SCFI-2016, y la NOM-142-SSA1/SCFI-2014 en el cual el mezcal tiene un proceso de un chiller para sedimentar y filtrar el mezcal a una temperatura de 4°C despues se somete a temperatura ambiente para poder mandarlo a envasado

## INTRODUCCION

---

La elaboración del mezcal es una actividad predominante artesanal, desarrollada en la región de Oaxaca regida por la NOM-070-SCFI-2016, la cual especifica que el agave que se utilice como materia prima para la elaboración de cualquier tipo de mezcal, debe cumplir con dos requisitos fundamentales y encontrarse madurado, y estar inscrito en el registro de plantación de predios instalado para tales efectos por el organismo de certificación de producto acreditado y aplicando los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento.

La industria del mezcal, es una aplicación en varias fases del proceso; como es la cocción del agave, la fermentación y la destilación, estas etapas se realizan con conocimientos empíricos, lo que hace que el proceso sea ineficiente en cuanto al aprovechamiento de la energía.

Aplicada en la empresa de SABORES INTESOS DE C.V. , la cual produce una bebida alcohólica por referencia de Koch el Mezcal, entre otros haciendo es un destilado mexicano, 100 % de maguey o agave, obtenida por destilación verificando que en el estado de Oaxaca, se a encontrado un porcentaje de furfural y metanol alto en el proceso de destilación en el cual se detecta una problemática del estado de formación y conjunto con la fermentación verificando en Ejutla municipio encontrado en el estado de Oaxaca de Juárez, solucionando parte del mecanismo de la destilación, y fundamentar la espera de un mejor servicio cumpliendo las expectativas de dicha empresa.

Para cumplir el estatus requerido por la empresa SABORES INTENSOS DE C.V. Se encuentra en el estado de Oaxaca de Juárez, en la avenida 2da. Privada de Lázaro Cárdenas 105, Guadalupe Victoria, 68033 Oaxaca, Oaxaca de Juárez.

Especificando que en Oaxaca y sus municipios se cuenta con una amplia variedad de productos típicos, dichos productos tradicionales reflejan profundos elementos culturales más allá de ser solamente productos de consumo y además son muestras de la biodiversidad alimentaria que el medio geográfico natural ofrece de los habitantes de una región, uno de estos productos típicos y tradicionales de tal manera que lo tenemos el mezcal.

Generalmente se van realizando las modificaciones de tal problemática que se certificara señalando los parámetros y análisis de muestreo que se hagan para determinar cual seria la solución para tener las variables y tener un avance en su elaboración apropiado cumpliendo cada parámetro y Norma cumplida.

## OBJETIVO GENERAL

---

Determinar los puntos críticos del furfural y metanol como son la temperatura y los azúcares implicando el % °Brix determinando y en la fermentación y destilación del proceso del mezcal.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

---

- Determinación de los parámetros de Fermentación
- Analizar los tiempos de fermentación
- Analizar % ° Brix del furfural que aparecen en la fermentación
- Determinar las concentraciones volátiles del metanol y sus compuestos
- Determinar el tiempo de Corte de destilación respecto al tiempo y concentración de metanol
- Determinar el punto de Azúcares en el día de Fermentación encontrados

## JUSTIFICACION

---

El objetivo general de un proyecto responde a la problemática planteada en la empresa de Sabores Intensos C.V esta empresa se dedica a la venta y producción de mezcal en cual se da la problemática de metanol y furfural alto, esto se determina por la fermentación y destilación en el cual con los resultados obtenidos se especifican los parámetros requeridos mejorando el proceso y obteniendo los resultados adecuados.

Y determinando la propuesta con especificaciones determinadas a la temperatura constante, tiempo de fermentación, oxigenación y las concentraciones respecto a los parámetros obtenidos

## PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION

---

La producción del mezcal está compuesta por cinco procesos:

-Cocimiento: el cocimiento del maguey se realiza en hornos de subsuelo, en hornos verticales de mampostería, hidrolizadores o en autoclaves y la cocción permite que se genere un proceso de hidrólisis de los almidones y que se conviertan en glucosa y fructuosa a las piñas ya cocidas se les llama mezcal.

- Molienda:

La molienda se realiza de diferentes formas: macerado a mano, machacado en una tahona (molino que funciona por la fuerza de caballos o mulas), o en una desgarradora apoyándose además con una prensa al terminar la molienda se obtiene el jugo llamado mosto y el bagazo; el mosto es depositado o bombeado a las tinas de fermentación.

-Fermentación:

La fermentación se realiza en tinas de madera, pilas forradas de madera o en tanques de acero inoxidable mediante este proceso, que tiene una duración de 1 a 3 días, se logra la conversión de los azúcares contenidos en el mosto en alcohol al jugo fermentado se le conoce como mosto muerto y tiene una graduación alcohólica entre 6 y 7%.

-Destilación:

Para la destilación se utilizan diferentes tecnologías, ollas de barro sobre puestas, alambiques de cobre o alambiques de acero inoxidable en esta operación se efectúa la separación del alcohol, aprovechando para ello sus diferentes puntos de ebullición. Al producto obtenido se le conoce como mezcal de primera destilación.

-Rectificación:

El equipo a utilizar es el mismo que en el proceso de destilación y el procedimiento es muy parecido en esta etapa se destila por segunda vez el mezcal, con la finalidad de elevar su contenido de alcohol.



1.1 Descripción Fotográfica del maguey Tobasiche; este agave existe y se reproduce de manera silvestre

S5, km 89 Carretera Ejutla - Miahuatlán	16°22'23.1"N 96°39'07.6"O	1518	<i>Agave karwinskii</i> (bicuishe*)	Sitio perturbado con pastoreo evidente y poblaciones toleradas de agave. Suelo franco-arenoso, pH: 8.06, MO: 4.3%, P: 0.53 mg kg <sup>-1</sup>
-----------------------------------------------	------------------------------	------	-----------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



1.2 Horno cónico de piedra listo para cocer agaves Rio de Ejutla, Oaxaca



1.3 Descripción de la molienda, espacio circular de cantera donde se mueve una rueda de piedra –también llamada muela- que gira sobre el eje, jalada por un animal, una mula, yunta o caballo.



1.4 Fermentación los azúcares contenidos en las piñas se transforman en etanol por medio de la fermentación alcohólica, ruta metabólica propia de las levaduras duración máxima 48 hrs.



1.5 Serpentina interna calentada por vapor, alambique de cobre almacenamiento de mosto fermentado capacidad máxima 1000 lts



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

---

Actualmente en el estado de Oaxaca, la fabricación del mezcal se realiza en forma artesanal empleando herramientas y equipo rudimentario en la cual falta de tecnificación en este sector genera problemas en el proceso del mezcal los cuales consisten principalmente en la fermentación y la destilación esto se debe a la ineficiencia de la operación desde la forma de cocción y mediante la correlación de mediciones instrumentales tales empleadas anteriormente en la Destilación y el estudio que implica para la mezcla líquida por vaporización parcial de la misma y recuperación de los vapores y residuos es decir la separación de una mezcla de sustancias en donde se fraccionan los componentes volátiles de un residuo no volátil la destilación alcohólica está basada que en el alcohol etílico siendo más ligero que el agua vaporiza a una temperatura menor que el punto de ebullición del agua se vaporiza a una temperatura menor que el punto de ebullición del agua los vapores suben siendo condensados y convertidos en una forma líquida con un alto contenido alcohólico y con el mismo los congéneres en concentraciones altas como (metanol, etanol y alcoholes superiores) y los compuestos volátiles minoritarios encontrados como (ésteres, aldehídos, cetonas, ácidos, furanos y terpenos que contribuyen al aroma del mezcal pero que también se generan en la fermentación en esta etapa la transformación de azúcares de origen vegetal (se inhiben por hidratos de carbono) en el alcohol etílico y bióxido de carbono y solo determinar con respecto al tiempo y la concentración de Furfural para determinar el tiempo de fermentación y destilación así mismo para un límite de corte de la concentración de MEOH.



## MARCO TEORICO

---

De acuerdo a la NOM-070-SCFI-2016 el mezcal es una bebida 100% artesanal en el cual es un proceso que se maneja totalmente utilizando una técnica prehispánica, siendo una gran diferencia entre el tequila el cual se le conoce por Mezcal artesanal y ancestral tal procedimiento del mezcal comenzando desde su cocción que se hace por medio de cabezas o jugos de maguey o agave en hornos de pozo, y conjunto con la mampostería o autoclave siguiendo así la molienda en tahona o molino chileno o egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos o difusor y después viene la aplicación de fermentación en recipientes de madera, piletas de mampostería y posteriormente la destilación con alambiques, y destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable, en los cuales en la aplicación de cualquiera de estos procesos, se detecta de una problemática donde el metanol y el furfural se destacan a un gran volumen, para esto se deriva, varios puntos de detección

En el proceso de la materia prima se delimita al proceso para recibir el maguey y también determinar al área de proceso para su producción, en el cual debe cumplirse ciertas normas como la NOM-070-SCFI-1994, NOM-070-SCFI-2016, para verificar y certificar cada proceso del mezcal, así mismo proponiendo las especificaciones, desde que el producto sale

Con base en la problemática observada se desarrolla utilizando los siguientes parámetros donde delimitamos en la actualidad, el término comúnmente utilizado en México para nombrar al "Agave" es "Maguey". El "Maguey" no es un cactus, ya que, botánicamente, tiene su propia familia; esta familia está conformada por más de 120 especies, entre las que destacan *Potatorum zucc*, Amarilidáceas (Tóbala) y el *Angustifolia haw* (Espadín), ya que por sus características vegetativas, al ser transformadas en mezcal dan una calidad y sabor inconfundible a la bebida en la historia de México mismos ya tenían destiladores en operación e iniciaron la búsqueda de la materia prima

## NORMA BEBIDAS ALCOHOLICAS NOM-070-SCFI-1994

La norma aplicada desde el 26 de febrero 2017 (NOM-070-SCFI-2016), así como sus modificaciones, su última actualización con sus modificaciones subsecuentes y con el artículo 40 fracciones I y XV de la Ley Federal sobre metrología y normalización viene del 18 de Agosto del 2016, en la cual la cantidad comercial, el complemento sanitario y comercial, viene implicado para la comprobación de otras, modificaciones vinculadas y vigentes conforme a lo establecido: cambiando así con la (NOM-070-SCFI-2016) y las modificaciones conforme a cada especificación utilizada en el proyecto.

NMX-V-013 Bebidas alcohólicas determinación de por ciento de alcohol en volumen (% Vol.) a 20°C.

NMX-V-014-S Bebidas alcohólicas destiladas - Determinación de alcoholes superiores.

NMX-V-017 Método de prueba para la determinación de extracto seco y cenizas en bebidas alcohólicas destiladas.

NMX-V-021 Métodos de prueba para la determinación de metanol en bebidas alcohólicas.

NMX-Z-012 Muestreo para la inspección por atributos.

El 16 de agosto este modelo se configuro a la calidad de muestra, complementando las normas I Y II para tener una calidad en el porcentaje del volumen del mezcal, la acidez del mezcal y el porcentaje de metanol.

NMX-Z-012 Método para muestreo el cual éste puede ser establecido de común acuerdo entre el productor y el comprador.

NOM030-SCFI-1993 Contenido neto y unidades de medida de acuerdo a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana.

NMX-V-004-NORMEX-2013 Bebidas Alcohólicas- Determinación de furfural- Métodos de Ensayo (Prueba). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero de 2014.

NOM-EM-007-SCFI-2000: especificaciones que se señalan a continuación sólo podrán satisfacerse cuando en la elaboración del producto objeto de esta NOM-EM, se utilicen materias primas e ingredientes de calidad sanitaria y se apliquen buenas técnicas higiénicas y de destilación que aseguren que el producto es apto para el consumo humano

NMX-V-005-NORMEX-2013 Bebidas alcohólicas-Determinación de aldehídos, esterés, metanol y alcoholes superiores-Métodos de ensayo (prueba). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero de 2014.

NMX-V-013-NORMEX-2013 Bebidas alcohólicas-Determinación del contenido alcohólico (por ciento de alcohol en volumen a 293 K) (20°C) (% Alc. Vol.)- Métodos de ensayo (prueba). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero de 2014.5

Nom's de acuerdo a la utilización del cromatografía de gases para analizar los compuestos indicados en la norma mexicana NOM 006 SCFI 2005, de acuerdo al procedimiento indicado en NMX-V- 005-Normex-2005 y además, se determinó furfural mediante la técnica indicada en la norma NMX-V- 004-Normex-2005

De acuerdo a la norma NOM-070-SCFI-2016 en los requerimientos del tipo de agave, sigue implementando la NOM-070-SCFI-1994.

TIPO I: 100% AGAVE

TIPO II: 20% AZUCAR PRESENTE

## ESPECIFICACIONES FISICOQUIMICAS PARA EL PROCESO DEL MEZCAL

---

Las especificaciones que deben cumplir determinando que la bebida alcohólica destilada denominada Mezcal se debe contar con autorización del OEC así mismo llevarse a cabo los productos distintos al Mezcal, debe contar con la unidades de % alc y las NOM'S aplicadas a sus instalaciones con líneas diferenciadas del producto y previamente autorizadas por el OEC, asegurando que el Mezcal no entre en contacto con líneas, contenedores o infraestructura que pudieran servir para el proceso, transporte o contención de otra bebida o producto alcohólico.

Especificaciones	Unidades	Mínimo	Máximo	Norma aplicable
<b>Alcohol volumen a 20° C</b>	<b>% Alc. Vol.</b>	<b>35</b>	<b>55</b>	<b>NMX-V-013-NORMEX-2013</b>
Extracto Seco	g/L de Mezcal	0	10	NMX-V-017-NORMEX-2014
Alcoholes Superiores	mg/100 mL de Alcohol anhidro	100	500	NMX-V-005-NORMEX-2013
<b>Metanol</b>	<b>mg/100 mL de Alcohol anhidro</b>	<b>30</b>	<b>300</b>	<b>NMX-V-005-NORMEX-2013</b>
<b>Furfural</b>	<b>mg/100 mL de Alcohol anhidro</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>NMX-V-004-NORMEX-2013</b>
Aldehídos	mg/100 mL de Alcohol anhidro	0	40	NMX-V-005-NORMEX-2013
Plomo (Pb)	mg/L	—	0,5	NMX-050-NORMEX-2010
Arsénico (As)	mg/L	—	0,5	NMX-050-NORMEX-2010

El Mezcal tiene que cumplir con la TABLA, para así poder envasarse únicamente como Mezcal clase Joven o Blanco, siempre y cuando no haya recibido ajuste de contenido alcohólico, en cuyo caso debe ser sujeto de un segundo análisis únicamente del % Alc. Vol., en términos de las especificaciones de la TABLA.

## TERMINOS DEL ORIGEN DEL MEZCAL

---

Mezcal: Bebida alcohólica destilada mexicana, 100 % de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos, cosechados en el territorio comprendido por el líquido, aroma y sabor derivado de la especie de maguey o agave empleado, así como del proceso de elaboración; diversificando sus cualidades por el tipo de suelo, topografía, clima, agua, productor autorizado, maestro mezcalero, graduación alcohólica, microorganismos, entre otros factores que definen el carácter y las sensaciones organolépticas producidas por cada Mezcal.

El mezcal puede ser añadido de edulcorantes, colorantes, aromatizantes y/o saborizantes permitidos por el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud.

Productor autorizado Es la persona física o moral que cuenta con la autorización por parte del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial y la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía, previo dictamen del organismo evaluador de la conformidad, conforme a sus respectivas atribuciones para dedicarse a la elaboración de Mezcal dentro de sus instalaciones, las cuales deben ubicarse en el territorio comprendido en la Resolución **OEC: Organismo Evaluador de la Conformidad**.

Términos asociados a la morfología del mezcal.

Términos mencionados por la fuente de información consultada, para el idioma y el grupo étnico mencionados para ese registro. Se incluyen los siguientes campos:

- a) Raíz; b) Tallo; c) Hoja; d) Piña o Cabeza (tallo más base de la hoja); e) Cutícula; f) Fibra; g) Espina; h) Dientes laterales; i) Espinas (genérico); j) Meristemo apical; k) Pedúnculo floral; l) Flor; m) Fruto; n) Semilla; o) Bulbillo; p) Vástagos de rizoma; q) Otro.

V. Términos asociados a los productos y subproductos al mezcal

Términos mencionados por la fuente de información consultada, relacionados a productos y subproductos obtenidos o elaborados a partir de la planta a la que le corresponde el nombre común de referencia. Se incluyen los siguientes campos:

- a) Producto; b) Parte(s) utilizada(s); c) Descripción; d) Forma de preparación; e) Subproducto; f) Parte(s) utilizada(s); g) Descripción; h) Forma de preparación.

La producción de mezcal en el estado de Oaxaca se encuentra integrada por tres sectores: los productores de la materia prima, es decir los magueyeros o cultivadores de mezcal; los destiladores, o también llamados palanqueros en forma tradicional, utilizando técnicas artesanales; por último están los envasadores y comercializadores, que son los que cierran la cadena productiva mediante su composición y concentración del proceso.

## ESPECIFICACIONES DE LOS PARAMETROS DE LA FERMENTACION

---

El proceso de fermentación es muy importante debido a que involucra biotransformación de azúcares en diversos alcoholes y compuestos aromáticos, que colaboran para dar a cada bebida su identidad distintiva en olor y sabor; por lo que el papel que desempeñan las levaduras es fundamental. Sin embargo la biosíntesis de alcoholes es influenciada por el tipo de cepas participantes, composición y concentración del medio y las condiciones de fermentación

Respecto a los microorganismos participantes, existen estudios sobre la sucesión de levaduras y bacterias durante la fermentación de mostos no estériles

La principal ventaja de las fermentaciones con levaduras seleccionadas e inoculadas es que son fermentaciones más rápidas dando bebidas con una calidad más consistente

Su deficiencia causa aletargamiento o detención de la fermentación. Se ha reportado que cuando se trabaja con concentraciones elevadas de azúcar (mayor o igual a 180 g/L), el crecimiento y la viabilidad de la levadura decrece debido al stress osmótico y a la presencia de algunos inhibidores, tales como el etanol, CO<sub>2</sub>, ácidos grasos saturados de 6, 8 y 10 átomos de carbono y algunos pesticidas implicados en el cultivo agrícola, los cuales inhiben el transporte de azúcar

Cumplimiento de los compuestos indicados en la normatividad mexicana (NOM 006 SCFI 2005) y (3) la generación de compuestos sensoriales de olor y sabor, evaluado mediante el panel de jueces de la empresa

## CRM= PARÁMETROS DE LOS ANALISIS DE MUESTREO DE MEZCAL

Para la certificación del CRM las especificaciones vienen desde la siembra, la producción de destilación, pruebas del mezcal y hasta el envasado en la cual debe de seguir los parámetros como se indica:

- **PRODUCTOR DE MAGUEY** Persona física o moral dedicada al cultivo de maguey utilizado para la producción de Mezcal y que cuenta con los registros necesarios.
- **PRODUCTOR DE MEZCAL** Persona física o moral que cuenta con la infraestructura, documentación y habilidades necesarias para la producción de Mezcal y que se encuentra dentro del territorio protegido por la Denominación de Origen Mezcal.
- **ENVASADOR** Persona física o moral que cuenta con la infraestructura documentación y habilidades necesarias para el envasado de Mezcal elaborado por un productor certificado.
- **COMERCIALIZADOR** Persona física o moral que cuenta con una marca registrada en México ante el IMPI en la clase 33, tipo nominativa o mixta y demás documentación necesaria para la comercialización de Mezcal que haya sido envasado y producido bajo certificación

Infraestructura para la producción y comercialización del mezcal para esto no tiene un mínimo de metros cuadrados sin embargo, es deseable que se encuentre delimitado, además es necesario considerar que deben mantener la limpieza y buenas prácticas de manufactura, mantener alejados a los animales de granja y fuentes de polución.

- **Área de recepción de Materia Prima:** Espacio para recibir el Maguey que se someterá a proceso, no es necesario que sea techado ni piso firme.
- **Área de Pesado:** Espacio donde se pesarán las piñas del Maguey debiendo tener una báscula de al menos 500 kg., no es necesario que sea techado ni piso firme.
- **Área de Cocción:** Horno de piso, horno de mampostería o autoclave para el cocimiento del Maguey. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- **Área de Maguey Cocido:** Espacio donde se colocará el Maguey cocido que se someterá a molienda, no es necesario que sea techado ni piso firme.



- Área de Molienda: Espacio donde se realiza la maceración del Maguey cocido con mazo, tahona, desgarradora, tren de molinos o difusor. No es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Fermentación: Espacio donde se encuentran las tinajas o tanques para llevar a cabo la fermentación, no es necesario que sea techado ni piso firme.
- Área de Destilación: Espacio donde se realiza la destilación de los jugos fermentados en alambiques de caldera de cobre u olla de barro o columnas, no es necesario que sea techado ni piso firme.
- Almacén de Gránulos: Espacio donde se encuentran los recipientes del mezcal, es necesario que esté techado y con paredes de acuerdo a los materiales utilizados en la región, no es necesario piso firme.

### **DESTILACION:**

En la destilación los mostos fermentados, que ya contienen alcohol y una enorme cantidad de otros compuestos sabrosos que integrarán el mezcal, son sometidos a un proceso de calentamiento y condensación en, al menos, dos etapas en la primera, se obtiene el ordinario y, en la segunda, se consigue el mezcal final para la destilación se utilizan: alambiques y columnas de destilación.

**ALAMBIQUES:** Pueden ser de tamaños y materiales distintos, aunque en general operan todos bajo el mismo principio: se carga el mosto con o sin fibra, para después calentarlo usando leña, gas o vapor de agua y conseguir que los compuestos empiecen a evaporar y una tapa en su parte posterior, llamada montera, captura los vapores y los lleva a un serpentín generalmente inmerso en un tanque de agua o en contacto con un sistema de enfriamiento donde se enfrían y condensan volviéndolos líquidos nuevamente los alambiques suelen ser de metales como el cobre y el acero, pero artesanalmente es posible encontrarlos de barro, piedra y hasta carrizo el producto suele ser destilado al menos dos veces y es muy importante saber dónde "cortar" o seleccionar aquellos destilados agradables de los desagradables.

El **grado alcohólico** resultante en el mezcal final es variable el destilado obtenido directamente del alambique entrega productos de entre 47% y 65% de alcohol estos grados son muy fuertes y suelen ser ajustados con agua, ya sea agregando agua destilada en el mismo alambique o de otra fuente el grado alcohólico de los mezcales artesanales suele ser variable y en función del sabor y perfil que el productor haya establecido

## PROCESO DEL MEZCAL

---

### **MEZCAL:**

Su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo:

- a) Cocción: cocimiento de cabezas o jugos de maguey o agave en hornos de pozo, mampostería o autoclave.
- b) Molienda: tahona, molino chileno o egipcio, trapiche, desgarradora, tren de molinos o difusor.
- c) Fermentación: recipientes de madera, piletas de mampostería o tanques de acero inoxidable.
- d) Destilación: alambiques, destiladores continuos o columnas de cobre o acero inoxidable.

### **MEZCAL ARTESANAL:**

Su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo:

- a) Cocción: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo o elevados de mampostería.
- b) Molienda: con mazo, tahona, molino chileno o egipcio, trapiche o desgarradora.
- c) Fermentación: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).
- d) Destilación: con fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

### **Mezcal Ancestral:**

Su elaboración debe cumplir con al menos las siguientes cuatro etapas y equipo:

- a) Cocción: cocimiento de cabezas de maguey o agave en hornos de pozo.
- b) Molienda: con mazo, tahona, molino chileno o egipcio.
- c) Fermentación: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

d) Destilación: con fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede incluir la fibra del maguey o agave (bagazo).

### **CLASES DE MEZCAL**

a) Blanco o Joven

Mezcal incoloro y translucido que no es sujeto a ningún tipo de proceso posterior.

b) Madurado en Vidrio

Mezcal estabilizado en recipiente de vidrio más de 12 meses, bajo tierra o en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

c) Reposado

Mezcal que debe permanecer entre 2 y 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad, sin restricción de tamaño, forma, y capacidad en L, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

d) Añejo

Mezcal que debe permanecer más de 12 meses en recipientes de madera que garanticen su inocuidad de capacidades menores a 1000 L, en un espacio con variaciones mínimas de luminosidad, temperatura y humedad.

e) Abocado con

Mezcal al que se debe incorporar directamente ingredientes para adicionar sabores, tales como gusano de maguey, damiana, limón, miel, naranja, mango, entre otros, siempre que estén autorizados por el Acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud (Ver 2.10), así como en la NOM-142-SSA1/SCFI-2014 (Ver 2.2).

f) Destilado con

Mezcal que debe destilarse con ingredientes para incorporar sabores, tales como pechuga de pavo o pollo, conejo, mole, ciruelas, entre otros, en términos de la presente Norma Oficial Mexicana únicamente está permitida la mezcla de mezcal de la misma categoría y clase.

## FERMENTACION

---

En esta parte del proceso en la que las levaduras se convierten en monosacáridos del Agave en etanol por medio de fermentación alcohólica esta operación se lleva a cabo en tina abiertas, de madera, durante un tiempo de aproximando de ocho a diez días, tomando en consideración la temperatura ambiente, puede utilizarse como inóculo el remanente de la fermentación anterior que se deja en el fondo, o inocular en cepas de levaduras comerciales.

Mosto jugo fermentado el agave molido se dejó reposar por 48 h en la tina de fermentación con el proceso tradicional del mezcal en el cual el Análisis de agave y mosto se determina por medio de azúcares reductores directos .

La evaluación de las concentración volátiles aromáticos mayoritarios en agave y mosto se hacen con un cromatografo de gases Perkin Elmer® provisto con detector de ionización de flama y una columna capilar HP-FFAP® de 30 m x 0.25 mm; el gas acarreador fue helio, a un flujo de 1.3 mL min<sup>-1</sup> y se aplica un programa de temperatura de 40 °C (por 3 min) con incrementos de 3 °C min<sup>-1</sup> hasta 120 °C y de 6 °C min<sup>-1</sup> hasta 200 °C (por 20 min); la temperatura del detector fue de 230 °C y la del inyector de 180 °C. Para la identificación y cuantificación de los volátiles mayoritarios se utilizan estándares de Sigma-Aldrich® y Fluka®: etanol 99.8 %, metanol 99.8 %, alcoholes superiores (propanol 99.7 %, 2-metil-propanol 99.5 %, 3-metil-butanol 99 %, pentanol 99 %, butanol 99.8 % y 2-butanol 99.5 %) y ácido acético 99.5 %

En esta función de la temperatura y de las enzimas esta fase se determina como afectada por las lluvias o por la aparición de bajas temperaturas, lo que causa un retraso en la fermentación, por crearse un medio húmedo en la fermentación en el cual la temperatura hace que se disminuya depende mucho, algunos productores para acelerar el sulfato de amonio.

La fermentación inicia con la generación de levaduras, producto de la reproducción de microorganismos, desarrollados por el medio anaerobio en que se encuentran, un factor determinante de la fermentación es el clima, entre mas calor hay en el medio ambiente, más rápido se efectuara la fermentación y lo inverso ocurre con el clima frío para preparar el producto a fermentar, se vacían aproximadamente 720 kg de agave molido dentro de una tina (tina de fermentación) y se le agregan aproximadamente 250 litros de agua, ya que el agua caliente actúa como un acelerador para la fermentación; al segundo día se le agrega agua fría (a unos 200 ó 300 mm antes del borde superior), al tercer día se revuelve todo el bagazo triturado de la tina, después de esto se deja reposar varios días al contenido de la tina se le conoce comúnmente como mosto

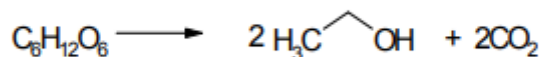
(tepache) y tiene la apariencia de una masa burbujeante, el tiempo de fermentación oscila entre 12 y 15 días.

Para la determinación de PH, °Brix y carbohidratos en los agaves se determina por medio de la composición química de los agaves que varía entre especies y por las condiciones del horno de cocimiento; como el Agave Karwinskii el pH es de 4.5 con 27 °Brix mientras que en Agave potatorum el pH fue 5.5 con 22 °Brix en en cual las muestras de cada agave determinan por el contenido de azúcares totales, fructosa y azúcares reductores directos así mismo variando todo tipos de agave.

Posteriormente a una fermentación alcohólica con levaduras, cultivadas o no, siendo susceptible de efectuarse un enriquecimiento hasta con 20% de otros carbohidratos, siempre y cuando no se eliminen los componentes que le confieren las características a este producto. El mezcal es un líquido de olor y sabor característico de acuerdo a su clasificación. Es incoloro o ligeramente amarillento cuando es reposado o añejado en recipientes de madera de roble o encino

## La fermentación alcohólica

La definición y el término “fermentación alcohólica” se refiere a la transformación bioquímica de la glucosa y fructosa a EtOH y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de acuerdo a la ecuación de Gay-Lussac:



Este proceso inicia con la degradación de los azúcares a ácido pirúvico vía glicólisis utilizando la ruta de Embden-Meyerhof de manera subsecuente, el ácido pirúvico es descarboxilado a acetaldehído seguido por su reducción a EtOH en presencia de la enzima alcohol deshidrogenasa.

Resumen de la fermentación alcohólica A partir del ácido pirúvico y el acetaldehído, las levaduras pueden formar ácido acético, láctico, málico, butírico, acetilmetilcarbinol y acetona y otros subproductos generados son los aminoácidos, ácidos grasos, esteroides, etil ésteres de ácidos grasos, alcoholes como el propanol, alcohol amílico e isoamílico, dióxido de azufre y en general, todos los compuestos volátiles producidos por las levaduras y los productos secundarios es la acetilCoA derivada del ácido pirúvico el cual la acetil-CoA puede dar origen a ácidos grasos de cadena media (caproico, caprílico, cáprico y láurico), ácidos

grasos de cadena larga (mirístico, palmítico y esteárico), ácidos grasos insaturados de cadena larga (palmitoleico, oléico, linoléico y linolénico) y esteroides y cuando el mosto es deficiente en estos compuestos, se sintetizan a partir de la acetil-CoA en presencia de oxígeno por el contrario, si ya existen en el medio, la levadura puede asimilarlos directamente y transformarlos en otras moléculas como los polifenoles, que son útiles para la regulación de los procesos de óxido-reducción La precursora de muchos de estos productos secundarios es la acetilCoA derivada del ácido pirúvico y la acetil-CoA puede dar origen a ácidos grasos de cadena media (caproico, caprílico, cáprico y láurico), ácidos grasos de cadena larga (mirístico, palmítico y esteárico), ácidos grasos insaturados de cadena larga (palmitoleico, oléico, linoléico y linolénico) y esteroides y el mosto es deficiente en estos compuestos, se sintetizan a partir de la acetil-CoA en presencia de oxígeno por el contrario, si ya existen en el medio, la levadura puede asimilarlos directamente y transformarlos en otras moléculas como los polifenoles, que son útiles para la regulación de los procesos de óxido-reducción

## El microorganismo

Las características deseadas de un proceso de producción industrial de EtOH depende en gran medida del microorganismo utilizado en la fermentación estos deben tener un rendimiento alto de formación de producto por unidad de sustrato asimilado, una tolerancia importante al EtOH, la capacidad de mantenerse viable a temperaturas altas y tolerancia a valores de pH bajos debido a estas características los microorganismos utilizados para la producción de EtOH son las levaduras del género *Kluyveromyces* y *Saccharomyces* (Greenfield, Pamment y Jones, 1981), de estas últimas, la especie *Saccharomyces cerevisiae* se utiliza comúnmente debido a su alta tendencia hacia la fermentación alcohólica y por su capacidad de crecimiento bajo condiciones anaerobias estrictas (Pronk y col., 1996) y las levaduras son capaces de utilizar una gran variedad de sustratos dependiendo de la especie en cuestión y en logeneral, estos microorganismos son capaces de crecer y fermentar de manera eficiente a pH de 3.5 a 6.0 y temperaturas de 15 a 35 °C y aunque a temperaturas elevadas (40 °C) la tasa inicial de producción MeOH.

La importancia técnica, los sustratos pueden ser divididos en tres tipos: ricos en azúcares simples (melazas, jugo de caña, etc.); ricos en almidones (cereales, papa, etc.) y ricos en celulosa (madera, bagazos, etc.) (Esser y Schmidt, 1982 y Ostergaard, Olsson y Nielsen, 2000). Cuando se utilizan sustratos ricos en almidón o celulosa, se requiere efectuar una hidrólisis para fragmentar y transformar las cadenas de polisacáridos en azúcares simples (Greenfield, Pamment y Jones, 1981). Tal es el caso de los agaves, en donde existen azúcares denominados fructanos que necesitan fragmentarse mediante la hidrólisis

(cocción) para dar origen a azúcares simples, siendo en su mayoría fructosa y los nutrientes existen numerosos compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, que son utilizados por los microorganismos para desempeñar tareas muy importantes además de la obtención de energía como lo es la síntesis de aminoácidos y la regulación de reacciones de carácter metabólico y los nutrientes utilizados por las levaduras se detallan a continuación.

La temperatura se determina por el crecimiento de la fermentación guardan una dependencia con el tipo de microorganismo y particularmente, el género *Saccharomyces* presenta velocidades altas de crecimiento en un intervalo de temperatura de 28 a 35 °C, sin embargo, para que se lleve a cabo un consumo completo del sustrato y una mayor producción de EtOH en fermentaciones por lotes, la temperatura óptima debe ser inferior a las anteriormente descritas, esto con la finalidad de regular la velocidad de generación de EtOH y evitar acumulaciones dentro de la célula, trayendo como consecuencia la inhibición en el crecimiento de las levaduras (Greenfield, Pamment y Jones, 1981).

La determinación de la cantidad de EtOH y para la determinación del contenido de EtOH en una muestra, la mayoría de las técnicas empleadas requieren la destilación de la misma, con la finalidad de eliminar componentes que puedan interferir en el análisis sin embargo, la cromatografía de gases (GC), reduce la importancia de este aspecto, debido a que las condiciones de operación del equipo permiten la separación de los componentes de la mezcla, permitiendo identificar y cuantificar el EtOH sin la presencia de otros compuestos y además, tiene la gran ventaja de requerir volúmenes de muestra muy pequeños (de 1 a 5  $\mu\text{L}$ ), lo que permite realizar análisis a pequeña escala como descripción general, la muestra en estado gaseoso se desplaza con ayuda de un gas inerte (denominado fase móvil) a través de una columna en cuyo interior se halla un agente denominado fase estacionaria y al pasar por la columna, existe una retención por parte de la fase estacionaria hacia los componentes de la muestra, variando en mayor o menor grado, dependiendo de la afinidad de cada uno de los componentes hacia la fase y así, al crearse una distribución desigual de componentes entre la fase móvil y la fase estacionaria, los componentes que sean más fuertemente retenidos por la fase estacionaria se desplazarán de manera más lenta a través de la columna que aquellos cuya retención sea menor y como consecuencia de este fenómeno se efectúa la separación, representada por la formación de picos (conocidos como cromatogramas), los cuales pueden analizarse tanto de manera cualitativa como cuantitativa (Skoog, Holler y Nieman, 2001)

## PROPIEDADES PARA UNA FERMENTACION DE CALIDAD

---

Para que se tenga un buen proceso de fermentación se deben tomar en cuenta las siguientes propiedades:

- I. Ser capaz de fermentar el sustrato eficientemente.
- II. Producir altas concentraciones de alcohol
- III. Poseer características estables y uniformes
- IV. Mantener su eficiencia de PH alrededor de 4 ya que con esto se elimina la posibilidad de una contaminación bacteriana
- V. Mantener su eficiencia a valores de temperatura alrededor de 30° C
- VI. Tener de 20 a 10 ° BRIX al inicio de la fermentación y de 10 a 0.5 BRIX al final de la fermentación.

## CONTROL DE FERMENTACION

Para este proceso se necesita un control de algunas variables:

- TEMPERATURA: La fermentación transcurre con desprendimiento de calor , en el cual puede que haya superioridad de calor si se utiliza el barril y atacar la fermentación (o mosto), cuando el liquido fermentable alcanza una temperatura mayor a los 30° C comenzando a descender hasta detenerse en una temperatura de 40 °C .
- CEFIRO: Cuando la levadura no se produce a la velocidad deseada y no se aplica debidamente el proceso de aireación si es demasiado fuerte activa la expulsión del acido sulfúrico este impide la fermentación del mosto.

## PROPIEDADES DE DESTILACION

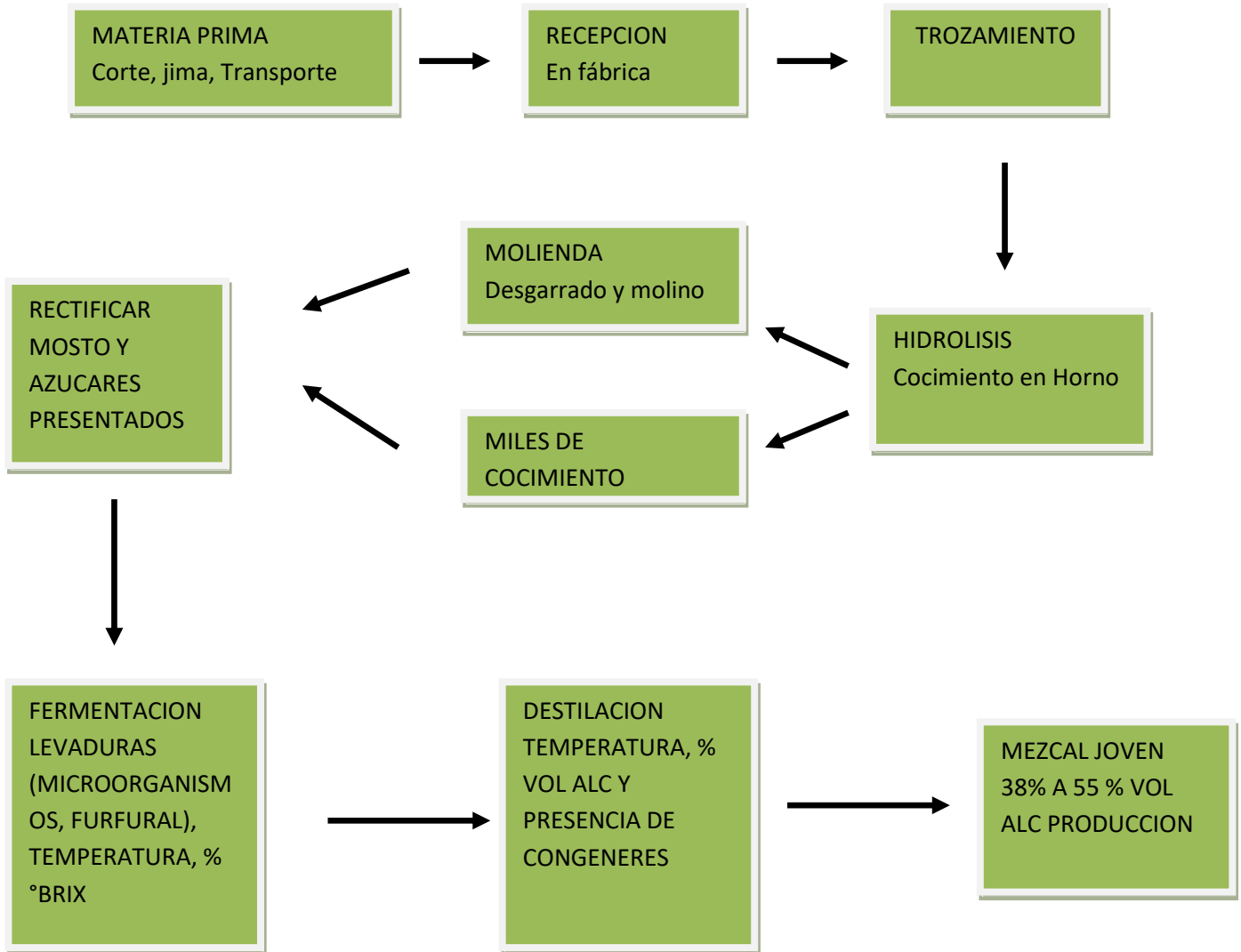
---

Las propiedades obtenidas de agave la presencia de metanol ocurre durante toda la etapa de destilación, aun cuando se utilice un bajo punto de ebullición (64.5 °C), esto posiblemente se debe a que el metanol es un compuesto orgánico muy polar y altamente soluble en agua



## DIAGRAMA DE FLUJO

---



## GENERALIDADES DE ACUERDO AL CRM

---

### MEZCAL ANCESTRAL

#### -PROCESOS Y HERRAMIENTAS DE ELABORACION

- A) COCCION: Cabezas (Piñas) de Maguey en hornos de pozo.
- B) MOLIENDA: Con mazos de madera, hachas, tahona, molino chileno o egipcio.
- C) FERMENTACION: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal cuyo proceso puede incluir la fibra de Maguey (bagazo).
- D) DESTILACION: Con fuego directo en olla de barro y montera de barro o madera; cuyo proceso puede influir la fibra del Maguey (bagazo).

### MEZCAL ARTESANAL

#### -PROCESOS Y HERRAMIENTAS DE ELABORACION

- A) COCCION: Cabezas (piñas) de maguey en hornos de pozo elevados de mampostería.
- B) MOLIENDA: Con mazo, tahona, molino chileno o egipcio, trapiche o desgarradora.
- C) FERMENTACION: oquedades en piedra, suelo o tronco, piletas de mampostería, recipientes de madera o barro, pieles de animal, cuyo proceso puede incluir la fibra de Maguey.
- D) DESTILACION: Con fuego directo en alambiques de caldera de cobre u olla de barro y montera de barro, madera, cobre o acero inoxidable; cuyo proceso puede incluir la fibra del Maguey (bagazo)

## METODOLOGIA

---

### MATERIALES (DESTILACION)

- Equipo de cromatografía de gases de Gaw\_Mac
- Alcoholímetro Certificado N° 68963 CLASSE II 20°C ETHANOL
- Probeta 500 ml
- Termómetro Certificado
- 16 Botellas de Cristal de 1 lt
- Tabla de Corrección de grado alcohólico COPPER ALEMBIC
- Brixometro Digital

### DESCRIPCION

- Fuente de gas
- Sistema de Inyección
- Sistema de detección
- Sistema de Registro

### Reactivos y

- Tanque de helio 99%
- Tanque de Nitrógeno 99%
- Tanque de Dióxido de carbono CO<sub>2</sub> 99%
- Destilado de Mezcal
- Mosto Fermentado

## DESARROLLO (FERMENTACION)

Para realizar las pruebas de cromatografía se determinaron de la siguiente manera:

- Se realizo una jornada de verificación de los tiempo a fermentación y sus respectivas modificaciones (agregación de agua o algún compuesto)
- Despues se realizo las medidas de temperatura y las condiciones en las que se encontraba el producto.
- Despues se tomo 1 lt de cada día de fermentación tomando la temperatura y él % de brix encontrados asi mismo % vol. de iniciación de alcoholes.
- Se hizo un análisis de determinación de congéneres encontrados en la fermentación y el esencial el furfural, se determino por cada día para la verificación de tiempo y condiciones a la exposición de oxigeno a la que se encontraba.
- Aplicando la solución determinando con las pruebas cromatografías la concentración de furfural.
- **Se determino que los cambios se debían a la temperatura de la agregación del agua y la exposición de oxigenación.**

## DESCRIPCIÓN DEL ANALISIS

---

1.- Colocar la cantidad una cantidad mínima para saber los grados brix de la fermentación (8 días).



Fig.1.1 Grados Brix.

2.-Tomar el alcoholímetro y determinar el % de iniciación de % Alc., en la fermentación. (8 días)



Fig. 2.2 % Vol, Alc.

3.- Tomar la temperatura a la que se encuentra el mosto (fermentado) los siguientes 8 días.



Fig 3.3 Temperatura del mosto

4.- Tomar 2.5 ml para la determinación de azúcares y el furfural en cada prueba de cromatografía de gases.

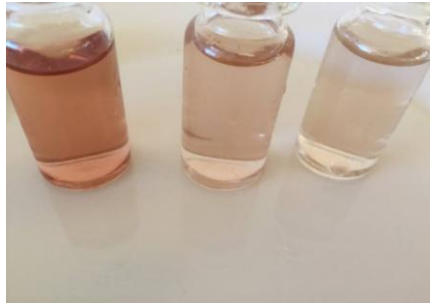


Fig. 4.4 Cromatografía de Gases

5.- Analisis de determinación de azúcares, y % brix del análisis de cromatografía, con parámetros de las tablas de análisis.

Comprobación de resultados:

Cantidad (Mosto)	Agua Agregada	T
10 KG	1500 ML	40°
30 KG	3000 ML	42°

## CALCULOS

Cuando vamos a mezclar dos soluciones y con distintas cantidades de azúcar y queremos saber cuáles serán los °Brix resultantes, lo ideal es utilizar la siguiente fórmula:

$$(M1 * X1) + (M2 * X2) = MF * XF$$

Donde:

M1= Masa de la solución 1

X1= °Brix de la solución 1

M2= Masa de la solución 2

X2= °Brix de la solución 2

MF= Masa de la solución final

XF= °Brix de la solución final

Se tienen 10 Kg de un Mosto a 23.8 °Brix, y 30 Kg de otro a 19.8 °Brix

Calcular los °Brix finales.

$$(10\text{Kg} * 0.55) + (30\text{Kg} * 0.65) = 40\text{Kg} * XF$$

$$9.45\text{Kg} + 19.5\text{Kg} = 40\text{Kg} * XF$$

$$28.95 \text{ Kg} / 40\text{Kg} = XF$$

$$0.72 = XF$$

-Determinando un análisis de pruebas según la cantidad de mosto y los grados °brix encontrados.

## COMPROBACION

---

- Se agrego de los 20 kg de mosto, la cantidad de agua 1500 ml, a una temperatura de 40° asi mismo se determino, que el mosto debería encontrarse una temperatura estable de 40- 30 ° y con una nueva de etapa de oxigenación totalmente cubierta para no contraer mas microorganismos en el tiempo de fermentación y asi determinando la concentración de furfural pasando las normas de comprobación.



Fig. 5.5 Agregación del agua a 40 °



Fig. 6.6 Tiempo de fermentación estable 40° - 30°



Fig. 7.7 Tiempo de Oxigenación de la fermentación, desde el día 1 hasta el día 8.

## DESARROLLO (DESTILACION)

---

Para realizar las pruebas de cromatografía se determinaron de la siguiente manera:

- Se realizo la determinación de cada 50 minutos el tiempo de destilación, ya que la temperatura puede variar por el tipo de uso (leña) y no puede mantenerse en un parámetro estable
- Despues se realizo las medidas de temperatura y las condiciones en las que se encontraba el producto.
- Despues se tomo 1 lt de cada 50 minutos desde el inicio de la destilación, hasta el final de la destilación tomando en cuenta la temperatura y % vol. Alc.
- Se hizo un análisis de determinación de congéneres encontrados en la destilación asi mismo se determino que se encontró tanto esteres como alcoholes superiores.
- Aplicando la solución determinando con las pruebas cromatografías la concentración de Metanol y sus Congéneres.
- **Se determino que los cambios se debían desde la fermentación, debido a que se presentaban un % de metanol, desde el inicio y con el cambio de temperatura se presentaba un cambio de metanol en la destilación y se debía también a que la temperatura de cocción no estando constante y debido a esto los vapores cambiaban su punto de ebullición 21 ° el cual exponía (metanol) en los cambios fuera de parámetros.**



## DESCRIPCION DE ANALISIS

---

1.- Agregación a la olla 60 lts de Mosto, agregar a la tina de enfriamiento 1000 lts de agua con constante reflujó.



Fig. 1.1.1 Agregación DE 60 lts de mosto



Fig. 2.2.2 Agregación de 1000 lts de agua con reflujó

2.- Obtención de muestras cada 50 minutos tomando % Alc, y temperatura constante a 20° C.



Fig. 3.3.3 Medición de Grado Alc.

3.- Obtención de 8 muestras correspondientes, al tiempo definido (50 min) la 8° muestra es la obtención final del grado Alc.



Fig. 4.4.4 Obtención de Muestras para Analisis de Cromatografía de Gases

4.- Tomar 2.5 ml para la determinación de metanol para la prueba de cromatografía de gases.



Fig. 5.5.5 Analisis de Cromatografía

5.- Dado las pruebas de Analisis desde la P1, Y P2 de las tablas de Excel se presentan el metanol en gran concentración por la temperatura, al mismo tiempo se ve afectado por la Fermentación y la concentración inicial y final del metanol en la destilación del mezcal varía entre 551.6 y 5.4 mg/L, por lo que se determinó que el tipo de procesos influye directamente en la concentración de los compuestos aromáticos en el mezcal, principalmente en los mayoritarios, como los alcoholes superiores y el metanol, que son tóxicos en altas concentraciones

## CALCULOS

---

Determinando que para corregir la baja presión, donde la temperatura es una referencia

$$T_c = T_0 + C(P_0 - P) \quad 0.67 \text{ (6.7) } u_{\exp(1)} \text{ metanol}$$

$$T_c = 23^\circ\text{C} + 0.67 (150 - 50) \quad T_c = 44^\circ\text{C}$$

## RESULTADOS DE FERMENTACION AGAVE KARWINSKII (TOBASICHE)

### 1.1 TABLA DE DATOS DE FERMENTACION (P1)

#### Prueba 1, A. Karwinskii

MUESTRA	%VOL	T°	T/ FER	% BRIX	AZUCARES
1	58.4	17	1 día	23.8	0
2	45.4	27.5	2 día	18.5	2.2
3	27.2	29	3 día	19.8	8.3
4	30.5	22	4 día	10.8	12.3
5	27	24.5	5 día	11.2	18.6
6	28.8	17	6 día	6.5	26.4
7	32.1	35	7 día	4.7	32
8	38.5	28.8	8 día	4.5	34.9

Esta tabla fue, con las primeras 8 muestras con presencia de % brix altos (furfural) determinamos desde el día 1 hasta el 8°vo día.

### 1.1 P1, GRAFICA DE DATOS % °BRIX, T, Y AZUCARES CON PRESENCIA DE FURFURAL ALTO.

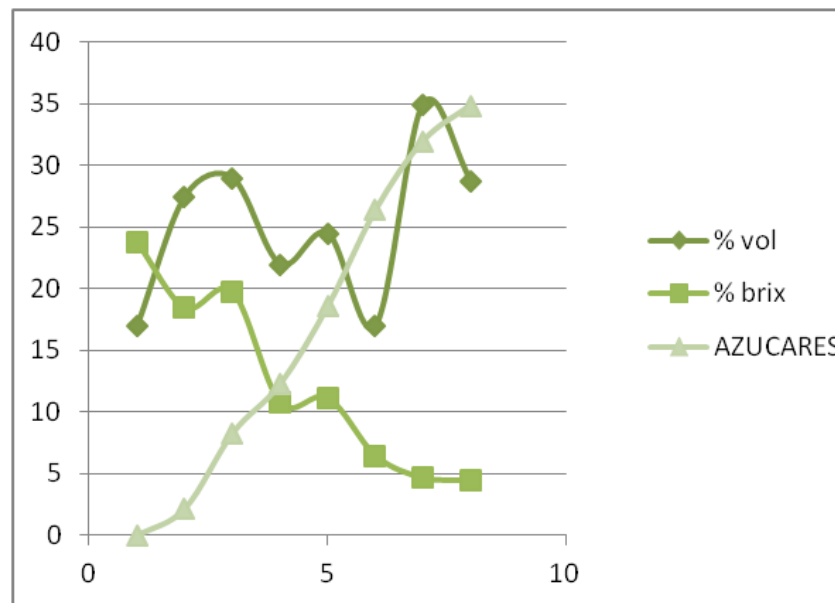


Fig. 1. Grafica de % vol, % °Brix y Azucares presentes en el análisis de furfural.

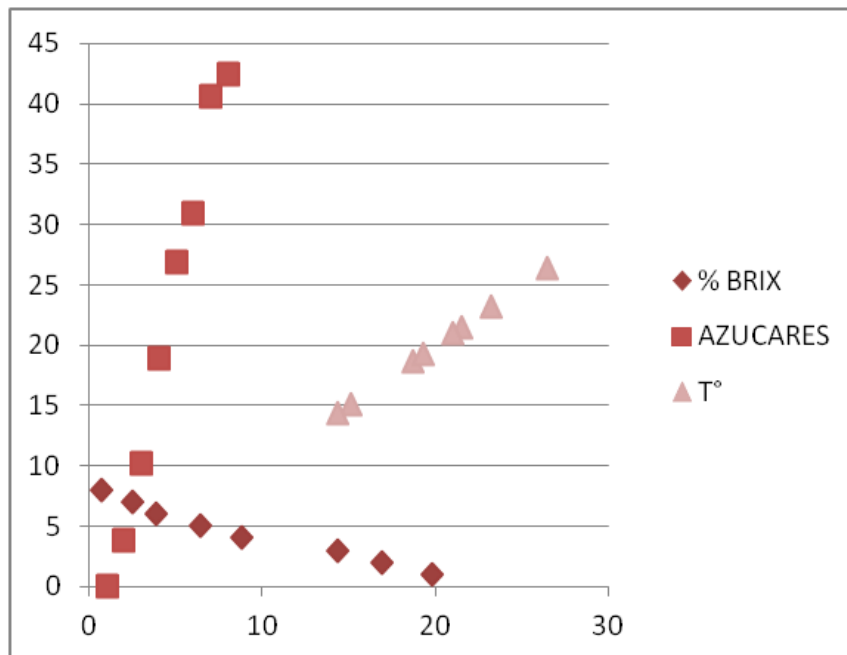
## -2.2 TABLA DE DATOS DE FERMENTACION (P2)

Prueba 2, A, Karwinskii

MUESTRA	% VOL	T°	T/ FER	% BRIX	AZUCARES
1	38.5	15.1	1	19.8	0
2	38	18.7	2	16.9	3.8
3	37.5	21.5	3	14.3	10.2
4	36	21	4	8.8	18.9
5	35	23.2	5	6.4	26.9
6	36.2	14.3	6	3.8	30.9
7	36	26.4	7	2.5	40.6
8	35.5	19.3	8	0.7	42.5

Datos correlaciones conforme a las especificaciones de Tc, con % de °Brix correspondientes al mismo tiempo de las concentraciones azucares presentes

- 2.2 GRAFICA DE FERMENTACION (P2) A, KARWINSKII CON PRESENCIA DE FRUFURAL CON MENSO CONCENTRACION.



## RESULTADOS DE FERMENTACION CON AGAVE ESPADIN

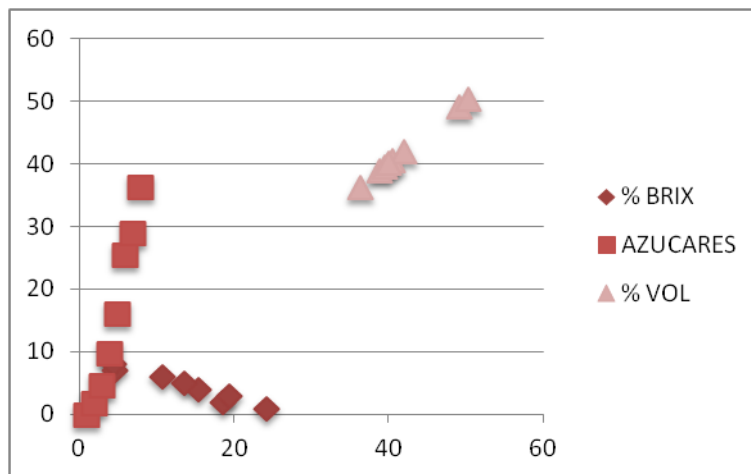
### 3.3 TABLA DE DATOS DE FERMENTACION (P1) A. ESPADIN

Prueba 1, A. Espadín

MUESTRA	% VOL	T°	T/ FER	% BRIX	AZUCARES
1	49.2	21	1 día	24.2	0
2	40.6	25.4	2 día	18.6	1.8
3	36.4	28.6	3 día	19.5	4.6
4	42	22.5	4 día	15.4	9.8
5	50.41	20	5 día	13.6	16.15
6	38.9	19	6 día	10.8	25.4
7	39.6	22	7 día	4.6	28.9
8	40.1	25	8 día	4.5	36.4

Esta tabla fue, con las primeras 8 muestras con presencia de % brix altos (furfural) determinamos desde el día 1 hasta el 8°vo día, con la variación de diferente maguey cambio de % °brix y y azucares al mismo tiempo que la presencia de furfural.

- 3.3 GRAFICA DE FERMENTACION (P1) A, ESPADIN, CON PRESENCIA DE FURFURAL ALTO.



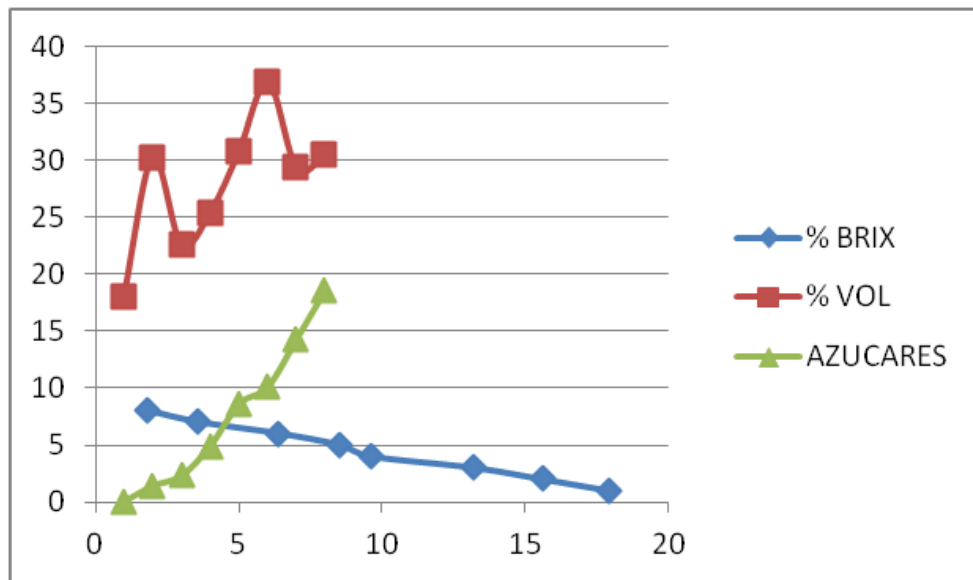
#### 4.4 TABLA DE DATOS DE FERMENTACION (P1) A. ESPADIN

Prueba 1, A. Espadin

MUESTRA	% VOL	T°	T/ FER	% BRIX	AZUCARES
1	18	21	1	17.9	0
2	30.2	25.4	2	15.6	1.4
3	22.6	28.6	3	13.2	2.3
4	25.4	22.5	4	9.6	4.9
5	30.8	20	5	8.5	8.6
6	36.9	19	6	6.4	10.1
7	29.3	22	7	3.6	14.3
8	30.4	25	8	1.8	18.6

DATOS DE FURFURAL CON EL % DE BRIX , % VOL DE ACUERDO PARA PASAR PARAMETROS DE FURFURAL.

#### 4.4 GRAFICA DE FERMENTACION (P1) A, ESPADIN, PARAMETROS DENTRO DEL RANGO DE FURFURAL.



## RESULTADOS DE DESTILACION

### 5.5 P1, TABLA DESTILACION DE TOBASICHE CONFORME A LOS PARAMETROS DENTRO DEL RANGO

VARIEDAD: TOBASICHE				
MUESTRA	T	% VOL	HR	% VOL A 20 °
1	22	69.6	14:10	68.9
2	22.5	69.4	15:00	68.6
3	22	66	15:50	65.3
4	21.5	62.4	16:30	61.9
5	21	67.4	17:10	67.1
6	20	65.4	17:50	65.4
7	19.5	59	18:30	59.2
8	20	66	19:00	66

Se determino por medio de temperatura y % vol. Alc. dado que también interfiere el punto de ebullición en cierta punto de temperatura a condiciones estándares.

### 5.5 GRAFICA DE DESTILACION (P1) A, ESPADIN, PARAMETROS DENTRO DEL RANGO DE METANOL



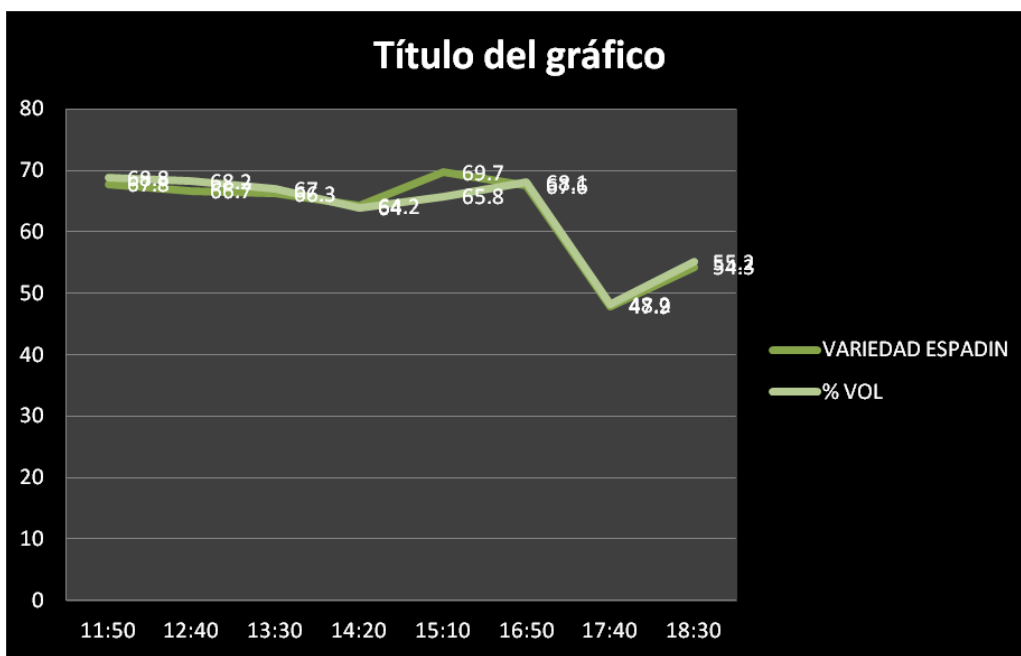


## 6.6 P2, TABLA DESTILACION DE ESPADIN CONFORME A LOS PARAMETROS DENTRO DEL RANGO

VARIEDAD ESPADIN				
MUESTRA	T	% VOL	HR	% VOL A 20 °
1	23	68.8	11:50	67.8
2	24.5	68.2	12:40	66.7
3	22	67	13:30	66.3
4	19.5	64	14:20	64.2
5	23.5	65.8	15:10	69.7
6	21.5	68.1	16:50	67.6
7	20.8	48.2	17:40	47.9
8	22.5	55.2	18:30	54.3

Determinación % vol, y tp respecto al tiempo determinando asi el punto de corte para la disminución de metanol.

## 6.6 P2, GRAFICA DE DESTILACION (P1) A, ESPADIN, PARAMETROS DENTRO DEL PARAMETRO DE METANOL



## RESULTADO CON PRUEBAS DE CROMATOGRAFIA

Estos resultados se hicieron con respecto uexp (1) y las unidades de temperatura y % vol. alc. , y con respectivas concentraciones de furfural presente en las muestras tomadas por cromatografía de gases.

### 7.7 TABLA DE CROMATOGRAFIA DE FURFURAL EN ALTAS CONCENTRACIONES

P1, Resultados de Cromatografía A. Karwinski, A. Espadín

FURFURAL	Uexp (1)	Mínimo Perm.	Max Perm.	Unidades
6.03	2.1	0	5	mg/100 mL AA
5.42	2.1	0	5	mg/100 mL AA
7.82	2.1	0	5	mg/100 mL AA
6.04	2.1	0	5	mg/100 mL AA
6.45	1.1	0	5	mg/100 mL AA
5.08	2.1	0	5	mg/100 mL AA
6.48	1.1	0	5	mg/100 mL AA
6.43	1.1	0	5	mg/100 mL AA

Se determina por la Uexp (1) respetando las unidades de concentraciones alto en furfural.

### 8.8 TABLA DE CONCENTRACION CON PARAMETROS DENTRO DE LA NORMATIVIDAD DE CONCENTRACION DE FURFURAL, RESULTADOS DE CROMATOGRAFIA

P2 Resultados Cromatografía A. Karwinski , A. Espadín

FURFURAL	Uexp (1)	Minimo Perm.	Max Perm.	Unidades
2.32	1.1	0	5	mg/100 mL AA
2.05	1.1	0	5	mg/100 mL AA
1.44	0.9	0	5	mg/100 mL AA
4.8	0.8	0	5	mg/100 mL AA
3.58	2.1	0	5	mg/100 mL AA
2.95	1.1	0	5	mg/100 mL AA
2.89	1.1	0	5	mg/100 mL AA
2.61	1.1	0	5	mg/100 mL AA

## 7.7 TABLA DE CROMATOGRAFIA DE METANOL EN ALTAS CONCENTRACIONES

P1, Resultados de Cromatografia A. Karwinski, A. Espadin

Metanol	Uexp (1)	Minimo Perm.	Max Perm.	Unidades
407.13	5.4	30	300	mg/100 mL AA
356.87	5.4	30	300	mg/100 mL AA
387.56	8.4	30	300	mg/100 mL AA
438.52	5.8	30	300	mg/100 mL AA
371.28	8.5	30	300	mg/100 mL AA
402.85	5.4	30	300	mg/100 mL AA
452.42	5.8	30	300	mg/100 mL AA
362.41	6.9	30	300	mg/100 mL AA

Se determina por la Uexp (1) respetando las unidades de concentraciones alto en Metanol.

## 8.8 TABLA DE CONCENTRACION CON PARAMETROS DENTRO DE LA NORMATIVIDAD DE CONCENTRACION DE METANOL, RESULTADOS DE CROMATOGRAFIA

P2, Resultados Cromatografia A. Karwinski, A. Espadin

Metanol	Uexp (1)	Minimo Perm.	Max Perm.	Unidades
296.86	6.7	30	300	mg/100 mL AA
218.69	6.6	30	300	mg/100 mL AA
159.64	6.8	30	300	mg/100 mL AA
182.51	5.7	30	300	mg/100 mL AA
220.48	6.5	30	300	mg/100 mL AA
284.32	6.7	30	300	mg/100 mL AA
290.65	6.7	30	300	mg/100 mL AA
179.35	5.8	30	300	mg/100 mL AA

## CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS USADOS

---

### Tina de Fermentación

Esta operación se lleva a cabo en tinajas de madera durante un tiempo aproximado de ocho a diez días, tomando en consideración la temperatura ambiente y los cambios de aceleración de la fermentación.


Tina de Fermentación	Características
	• Circunferencia: 5.19 mts
	• Altura: 100 cm
	• Capacidad: 1100 lts
	• Longitud de Profundidad: 90 cm

Fig. 0, Características de Tina de Fermentación

### Tina de Enfriamiento

Esta operación se lleva a cabo con un reflujo, de agua para que el Serpentine se mantenga a una temperatura constante.


Olla de Enfriamiento	Características
	• Circunferencia: 3.72 mts
	• Altura: 138 cm
	• Capacidad: 1000 lts
	• Longitud de Salida del liq: 13 cm
	• Reflujo del liq: 250 ml/ por 5 min

Fig. 1, Características de Olla de Enfriamiento.

## Serpentine

Es un tubo en forma de espiral que se encuentra inmerso en un tanque con agua. Tiene la finalidad de enfriar y, por lo tanto, de condensar los vapores provenientes de la olla.


Serpentine	Características
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Circunferencia: 98 cm</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Altura: 121 cm</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad: 800 ml por c/ 50 min</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Longitud de Salida del liq: 58 cm</li></ul>

Fig. 2, Características del Serpentine.

## MONTERA

Esta parte se encarga de contener la mezcla de sustancias a separar, se encuentra enterrada dentro de una estructura cúbica debajo de la cual se colocan leños que generan el calor requerido para la separación del alcohol

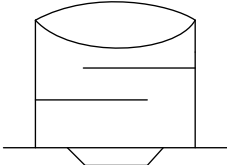
Montera	Características
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Circunferencia: 145 cm</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Altura: 56 cm</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad: 10 lts</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Especificaciones: 2 platos</li></ul>

Fig. 3, Características de la Montera

## Olla Encabezada de la Montera

Se encarga de captar los vapores generados tras el calentamiento de la mezcla y los conduce a la siguiente sección. Por su forma, también se le conoce como “Montera”.

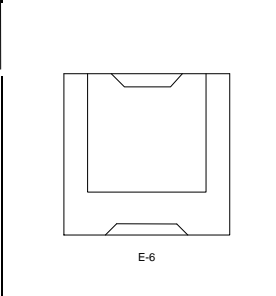
Olla de Llenado	Características
	Profundidad: 50 cm
	Altura: 55 cm
	Capacidad: 60 lts
	Medidas de Anchura: 70x60
	Temperatura: 530° C - 570° C

Fig. 4, Características de olla de Llenado

## CROMATOGRAFO DE GASES

La cromatografía de gases es la técnica a elegir para la separación de compuestos orgánicos e inorgánicos térmicamente estables y volátiles.

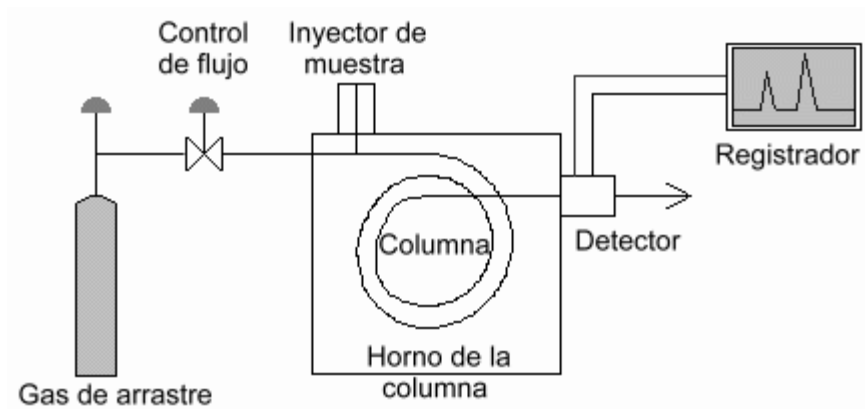


Fig. 5, Características de cromatografía de Gases

## FUENTES DE INFORMACION

---

### LIBROS

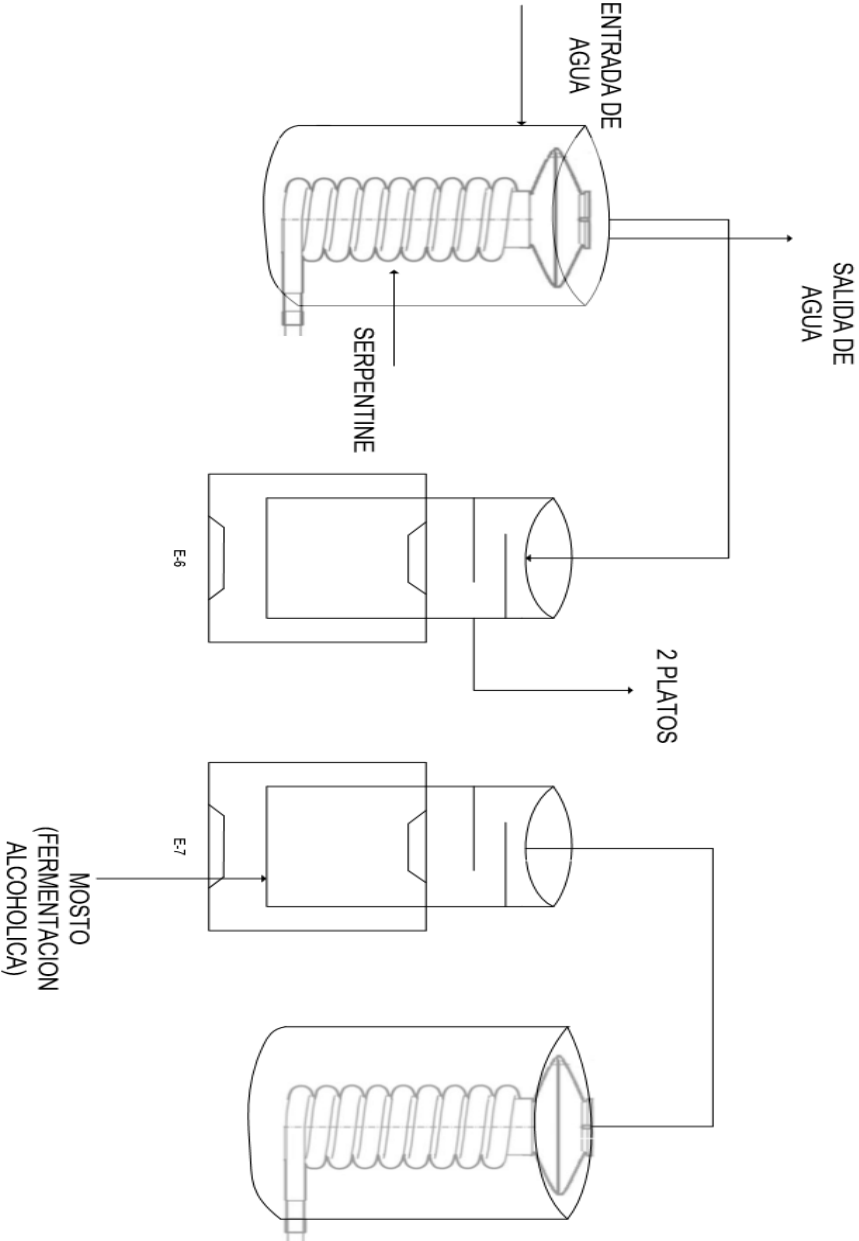
- Levaduras Nativas de la Fermentación de Mezcal de Oaxaca
- Autor: Víctor Adrian Espinoza y Claudia López
- Editorial: Académica Española
- Transferencia de Oxígeno en Fluidos modelo y Caldos de Fermentación
- Autor: Rosa Isela Carbajal De Nova
- Editorial: Académica Española

### PAGINAS WEB

- <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n1/v18n1a16.pdf>
- [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802009000400005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802009000400005&script=sci_arttext)
- <https://www.copper-alembic.com/es/pagina/tabla-de-correccion-de-la-temperatura-del-alcohol>
- [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5428197&fecha=29/02/2016&print=true](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5428197&fecha=29/02/2016&print=true)
- <https://centrosconacyt.mx/wp-content/uploads/2015/04/manualmezcalguerrerense.pdf>
- <https://www.redalyc.org/html/620/62060106/>
- <http://www.crm.org.mx/denominacion.html>
- [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/mems/alvarez\\_r\\_ji/apendiceF.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mems/alvarez_r_ji/apendiceF.pdf)
- <http://www.crm.org.mx/PDF/CERTIFICACION/DC-02%20R3%20%20MANUAL%20BASICO%20DE%20CERTIFICACION.pdf>
- <http://www.anatomiadelmezcal.com/#!/procesos/destilacion>

ANEXOS

DIAGRAMA DEL PROCESO DEL MEZCAL





## DETERMINACION DEL PUNTO CONSTANTE DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO DEL SERPENTINE

Condiciones a una Temperatura	
T° Olla (2 platos)	T° de Serpentine ( Liq. sat.)
38.4	42.46
42.1	36.01
58.8	36.46
74.5	26.26
70.8	19.71
71.2	20.4
75.6	13.98
76.8	27.8

$$v_3 = v_1 + \frac{(x_3 - x_1)}{(x_2 - x_1)} \times (v_2 - v_1)$$

- Se determino por medio de la tabla de agua saturada, para especificar el cambio de de temperatura haciendo una interpolación liquido saturado.

$v_3 = L. sat = ?$

$v_1 =$  Interpolación a la tem  $x_1$

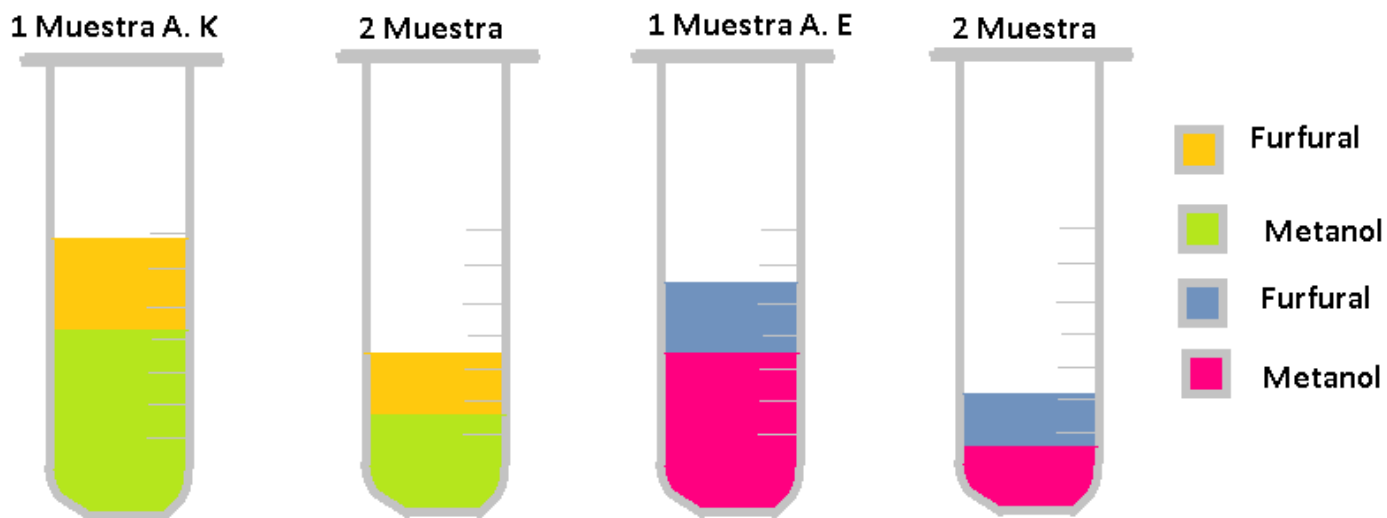
$x_3 =$  Temp de superior

$x_2 =$  Temp Inferior

$x_1 =$  Temp Constante

$v_2 =$  Interpolación a la temp  $x_2$

PARAMETROS FISICOQUIMICOS DE ACUERDO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS.



La determinación de esta ilustración se hizo por medio de las tablas de resultados de Cromatografía.