

47/7

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANTEPROYECTO DE ACTUALIZACION EN LA ELABORACION DE
TEQUILA Y MODIFICACIONES EN SUS APARATOS DE DESTI-
LACION, CONTROL QUIMICO DE DISTINTAS MUESTRAS.

ELVA COURET ESPINOZA

QUIMICO

JUAN MANUEL ARJONA GRANADOS

INGENIERO QUIMICO

1978.



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.



FOLIO 100
LIBRO 100

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

TESIS 1978
M. A. M.
413 BIS

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: ING. HECTOR LÓPEZ HERRERA.

V O C A L : ING. CARLOS KOBEH HEREDE .

SECRETARIO: ING. EDUARDO ROJO DEL REGIL.

1ER SUPLENTE: ING. JOSÉ LUIS HERCE VIGIL.

2DO SUPLENTE: ING. ALBERTO ZUNO DE LA FUENTE.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: TEQUILA Y TOTOTLÁN, JAL.

NOMBRE DE LOS SUSTENTANTES:

ELVA COURET ESPINOZA

Elva Couret

JUAN MANUEL ARJONA GRANADOS

Juan M. Arjona

NOMBRE DEL ASESOR:

ING. HECTOR LÓPEZ HERRERA

H. López Herrera

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE *con gratitud y respeto*

A MIS HERMANOS:

Eloisa

Napoleón

Ernestina y

Aníbal

con gratitud y cariño

A HECTOR *con amor*

AGRADECIMIENTOS:

Al Ing. Hector Manuel López Herrera por su valiosa guía.

Al Ing. Eduardo Rojo y de Regil por sus consejos y regaños.

Al Ing. Carlos Kobeh Herede por su colaboración.

A la M. en C. Clara Esquivel Huesca por su desinteresada ayuda y amistad.

Al Ing. José Sánchez Gavito por su incalculable ayuda y su sincera amistad.

Al Ing. Rubén Rendón Peña por su grandiosa ayuda.

Al Dr. Santiago Delgado Sánchez por las facilidades que nos prestó.

Al Ing. Luis Velazco Luna por su orientación en el tema.

A Marina y José por sus atinados comentarios.

A los Integrantes de la Cámara Regional de la Industria Tequilera.

A los Químicos del laboratorio de La Madrileña.

A Rodolfo González, al Ing. Hernández Coronado, al Ing. Díaz Tiscareño

*y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en este tra
bajo.*

ANTEPROYECTO DE ACTUALIZACION EN LA ELABORACION DE TEQUILA
Y MODIFICACIONES EN SUS APARATOS DE DESTILACION. CONTROL -
QUIMICO DE DISTINTAS MUESTRAS.

INTRODUCCION i

CAPITULO I. HISTORIA DEL TEQUILA

a) Generalidades 1
b) Siembra 2
c) Reproducción 4
d) Cosecha 5
e) Elaboración del Tequila y sus modificaciones 5
f) Norma Oficial Mexicana Tequila NOM-V-7/1978. 9

CAPITULO II. LEVADURAS USADAS EN LA FERMENTACION

a) Fermentación 14
b) Microorganismos más utilizados en la Fermentación Alcohólica. . 15
c) Aislamiento de Levaduras 22
d) Propagación de Levaduras 25
e) Composición Química de las Levaduras 26
f) Substratos 28
g) Enzimas 29
h) Fermentación Alcohólica 32
i) Influencia de los Factores Fisicoquímicos sobre la
Levadura 37

CAPITULO III. DESCRIPCION DEL PROCESO DEL TEQUILA ACTUALIZADO

a) Cocción del Agave. 42
b) Molienda 45
c) Fermentación 48
d) Destilación 53
e) Diagrama de Flujo 57

CAPITULO IV. CONTROL QUIMICO

a) Técnicas usadas para las diferentes determinaciones del tequila	58
b) Análisis Volumétrico de diferentes tipos de tequila .	71
c) Análisis Cromatográfico de diferentes tipos de tequila	75
d) Cromatogramas	81

CAPITULO V. CALCULO Y SELECCION DE EQUIPO

a) Localización de la planta	89
b) Distribución Departamental	93
c) Bases de Diseño	94
d) Capacidad de la planta	95
e) Calculo de Materias Primas	99
f) Calculo de Equipos	99
g) Plano de la planta	123

CAPITULO VI. ESTIMACION DE COSTOS

a) Estimación de la Inversión Fija	130
b) Costos de Producción	137
c) Costos Variables	141
d) Costos Fijos	142
e) Ecuaciones de Costos de Producción; Punto de Equilibrio	143
f) Estimación del Estado de Pérdidas y Ganancias en un año de operación	144

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	149
--	-----

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

I N T R O D U C C I O N

El tequila es una bebida típicamente mexicana, de gran tradición dentro de las costumbres del País; amparada con denominación de origen y con amplias perspectivas de consumo en el mercado internacional. Se obtiene mediante la destilación de mostos fermentados provenientes de las cabezas de *Agave tequilana* Weber, var. azul.

La comercialización del tequila empieza a finales del - siglo pasado, y su elaboración era una tradición que no permitía modificaciones en el proceso.

La Industria Tequilera proporciona ocupación a más de - 6,000 personas, incluyendo ejidatarios y pequeños propietarios cultivadores de los Agaves utilizados y tomando en cuenta las personas que dependen de ellos representarían aproximadamente 40,000 mexicanos que dependen directamente del tequila.

La producción total de tequila en el año de 1977 fué de 43'750,000 litros, habiéndose exportado el 50.17% de ésta.

A pesar del gran volumen de exportación de esta bebida, única que alcanza estos volúmenes de exportación en México, y con grandes posibilidades de aumento al futuro, la industria tequilera, en su mayoría, utiliza equipo poco funcional para la elaboración de la misma, imperando en algunas fábricas equipos anacrónicos que aumentan los costos de producción.

Es hasta mediados del presente siglo, cuando se empiezan a realizar pequeñas modificaciones, introduciendo la mecanización de la tahona, que anteriormente era de piedra y movida - por tracción animal, y los molinos de mazas movidos eléctricamente. En 1960 se experimenta un cambio en el cocimiento del tequila, introduciéndose los autoclaves.

En la actualidad la industria tequilera poseé una amplia perspectiva, razón por la que se considera que es necesario un estudio a fondo para modernizar el equipo, las condiciones de

trabajo y en general el proceso de elaboración utilizado.

Habiendo pocos estudios sobre la obtención de aguardientes regionales, la investigación sobre el tequila es casi inexistente, pues su elaboración se ha venido realizando por una transmisión de experiencias ocurridas a través del tiempo y aisladas entre sí.

El presente estudio tiene la finalidad de actualizar equipos y darle mayor funcionalidad al proceso de elaboración de tequila, tomando en cuenta las variantes que dan un mayor aprovechamiento de la materia prima, principalmente en los procesos de fermentación y destilación, así como el control químico necesario para obtener una calidad uniforme.

Respecto a la calidad, es necesario que haya un buen control de sustancias tóxicas tales como Metanol, Aldehidos, Esteres y Alcoholes Superiores, utilizando una metodología que de mejores resultados en un tiempo mínimo, con el fin de contar con la producción de tequilas de buena calidad que tengan aceptación en el mercado mundial, lo cual se traduciría en la entrada de mayores divisas al País, así como la creación de más fuentes de trabajo.

CAPITULO I

HISTORIA DEL TEQUILA

a) GENERALIDADES

Dentro de los aguardientes regionales de la República Mexicana, el tequila es el que más destaca.

El tequila es una bebida destilada que contiene entre 42 y 55% de alcohol en volumen, elaborada utilizando como materia prima de fermentación los mostos provenientes de las cabezas del *Agave tequilana* Weber, var. azul.

Los magueyes productores de tequila son de la familia amarilidáceae, comprendida en la tribu agavoideae y sus especies son variables de acuerdo a la zona donde se cultiva.

Las especies de *Agave* explotadas para la obtención de tequila son las siguientes:

Agave longisepala Tod., plantado principalmente en Tequila, en donde recibe el nombre vernáculo de "mezcal grande".

Agave palmaris Trel. Recibe los nombres vernáculos de "mano larga" y "chino bermejo". La variedad monstrosa es denominada "zapalote".

Agave pismulae Trel, cultivado en Tequila, recibe los nombres vernáculos de "pata de mula" y "pie de mula".

Agave pseudotequilana Trel., recibe los nombres de "mezcal blanco" y "mezcal cucharo".

Agave subtilis Trel., cultivada en Tequila, recibe el nombre vernáculo de "chato".

Agave tequilana Weber., especie preponderante en Tequila recibe los nombres siguientes: "mezcal azul", "chino azul", "mezcal de tequila", "azul", "zapupé", "seguin" y "zigguin".

Según los datos obtenidos en el campo, la especie más abundante en la Región de Tequila, es el *Agave tequilana*.

De esta especie, la variedad llamada localmente "azul" - comprende el 95% de *Agaves* cultivados. De la misma especie

se encuentra, pero muy escasa, la variedad "zigguin". Al "azul" sigue en importancia el *Agave subtilis* con el nombre local de "chato". Se encuentra además el *Agave palmaris* con los nombres de "mano larga" y "bermejo", y el *Agave pesmulae* con el nombre de "pata de mula".

Debemos tener en cuenta que la determinación específica de los Agaves es complicada y existen casos en los que es difícil precisar si se trata de dos especies diferentes o de dos variedades de una misma especie.

El *Agave tequilana* Weber presenta un color verde-azulado; es de hojas largas, angostas, dentadas o espinosas y dispuestas en roseta que nacen de una masa carnosa llamada "cabeza" o "piña", la cual está parcialmente enterrada, siendo la parte en la que se desarrollan las raíces.

Las hojas a más de presentar pías a todo lo largo terminan en una mayor. Su sección es en media luna y algunas son rectas y otras ligeramente curvadas, como el maguey "mano larga" que presenta el aspecto de una mano vista de perfil.

Debido al color de sus hojas, el *Agave tequilana* es fácil de distinguir entre las demás formas, excepto de la llamada "pata de mula", que tiene las hojas de un color grisáceo. Ambas especies son muy parecidas, siendo el *Agave tequilana* de mayor tamaño, con las hojas más largas y delgadas, y la piña elipsoidal en lugar de cilíndrica.

La variedad "azul" es la que alcanza mayor tamaño y la que tiene "piña" más grande, lo que explica el predominio de su cultivo. (1, 7, 13).

b) SIEMBRA

Para la siembra del maguey se prepara la tierra barbechándola, con lo que se limpia de hierbas, después se surca dejando una distancia de 3 a 4 metros entre surco y surco, y se hacen hoyos o pozas de aproximadamente 80 cm de profundidad, introduciendo los hijos debidamente preparados y apisonando la tierra en su alrededor.

Se escoge para el cultivo, lugares que formen un ligero declive o que sean suficientemente altos, para no retener = por mucho tiempo el agua de lluvia, porque siendo el Agave de temporal, necesita poca agua para su desarrollo, el exceso de agua le perjudica llegándose a podrir. Por lo general, los lugares de cultivo son las laderas de los cerros o las altiplanicies.

Debe cuidarse que la siembra no se haga en lugares con mucha vegetación, pues impide que el Agave reciba el calor solar en toda su intensidad, que le es sumamente benéfico.

La época del año en que se hace la siembra es de Junio a Septiembre, o sea, en tiempo de lluvias, a fin de que la planta tierna tenga suficiente humedad y pueda aprovechar los elementos de la tierra para que enraíce y crezca.

A partir de la época del planteo, año con año incluyendo la época de lluvias, se aran las tierras para aflojarlas y facilitar la penetración del agua. La limpia y deshierbe de los campos se hace durante todo el año a excepción del Invierno.

Durante los tres primeros años algunos agricultores aprovechan las "melgas", o sea, el terreno que hay entre los surcos, sembrando maíz y frijol de temporal, pues estando el maquey tierno, no le perjudica el consumo de elementos que tomen éstos cultivos de la tierra; pero a partir del tercer año, no es conveniente dedicar las tierras al cultivo mixto, pues ya redundaría en el perjuicio de los Agaves.

Cuando el Agave tequilana llega a los 4 años, empieza el "barbeo", operación que consiste en despuntar las hojas, efectuándose anualmente. Esta poda se lleva a cabo en los meses de Junio y Julio y facilita el arado de la tierra. También se creó que favorece el desarrollo de la piña. Ofrece serios peligros, especialmente como procedimiento propagador de enfermedades fungosas o bacterianas. Por otra parte, esta operación, cuando se practica con intensidad quizás causa mayores daños que ventajas en el desarrollo de la "piña".

También debe verificarse una vez al año, una limpia de los plantíos de Agave, destruyendo total o parcialmente los Agaves afectados por alguna plaga, como el "nizticuile", gusano que ataca la raíz o la "palomilla" que corroe las pencas.

Cuando el Agave llega a madurar a los 7 años empieza a nacer una vara o varejón que debe ser cortada inmediatamente, para evitar su crecimiento, puesto que se alimenta de azúcares, bajando el rendimiento en producción de éstos. (7,13)

c) REPRODUCCION

El Agave se reproduce de dos maneras: por semilla y por hijos. Lo más común es la reproducción por hijos, que nacen al pie de la planta madre, en número de 10 a 20 y que se retiran para ser resemebrados antes del año.

Para la reproducción usando hijos, se seleccionan los más frondosos que se separan de la planta madre cuando tienen un año de edad, y desprovistos de las pencas más cercanas al cuello y de parte de las raíces, para ser plantados en el lugar definitivo. Es muy importante tener en cuenta esta técnica de reproducción antes de planear el combate de las plagas del Agave. Si los hijuelos se extraen de plantaciones infestadas, al ser transplantados por las condiciones extremadamente delicadas en que quedan hasta lograr arraigar, son un medio excelente para el rápido desarrollo y multiplicación del gusano *Acentrocneme hesperiaris*, determinando un crecimiento raquítico de la plantación recién hecha o la pérdida total, y la infestación de plantíos cercanos, al transformarse los gusanos en mariposas o adultos y efectuar la ovoposición en nuevas plantas. (7)

El maguey tequilero tarda de 7 a 10 años en "jiotar" o "ji lotar", que es la aparición del varejón o ástil floral, donde se producen las semillas, y aunque después de florecer suele dar más hijos, éstos no son aptos para el planteo.

La semilla se obtiene dejando florecer el Agave y reco-
giéndolas a su debido tiempo, procedimiento no usado, pues -
aparte de inutilizar los Agaves madre para la jima, su re-
producción por éste método es más laboriosa y tardía.

d) COSECHA

El Agave tarda en desarrollarse de 7 a 11 años, tiempo en
que comienza su explotación, entresacándose de las plantacio-
nes los que han madurado.

* Cuando se juzga que el *Agave tequilana* ha llegado a la -
edad para la explotación, se procede a la "jima", operación
que consiste en cortar totalmente las hojas y arrancar la -
"piña", dividiéndola después longitudinalmente en dos partes
con el objeto de facilitar su acarreo a la fábrica, así como
también su mejor colocación en los hornos de cocido.

La "jima" puede hacerse en cualquier época del año, usual-
mente evitando la época de lluvias, tiempo en que retiene -
mayor cantidad de agua, además, presenta muchas dificultades
para su transporte.

Como las hojas en su base son más o menos triangulares,
la piña desnuda de hojas queda marcada por una serie de tri-
ángulos imperfectos que se van achicando conforme se acercan
al cogollo.

e) ELABORACION DEL TEQUILA Y SUS MODIFICACIONES

Después de la "jima" las piñas son trasladadas a la fá-
brica, se depositan en el patio de descarga y a las más gran-
des se les parte para tener un fácil manejo y poderlas acom-
odar mejor en los hornos, que es donde principia el proceso -
de elaboración del tequila, y donde se efectua la operación
de cocimiento o "tatemado".

En un principio el cocimiento se hacía en pozos al ras de
la tierra, que eran cavidades circulares revestidas de ladri-
llo ó piedra, de una profundidad de 1.5 a 2.0 m. El cocido -
se efectuaba de la siguiente manera:

Primero se ponía en el interior del pozo la pila de leña,

que se cubría con una piedra calcárea denominada porosa; se le prendía fuego al combustible y después de 5 horas, cuando las piedras se encontraban muy calientes y la leña se había consumido totalmente, se colocaba una nueva capa de piedra fría y más pequeña y sobre ésta un colchon de bagazo seco, con el objeto de que el Agave no se carbonizara al contacto directo con las piedras calientes, encima del bagazo se colocaban las piñas que se cocerían, dejándolas caer, sin pretender ordenarlas. Encima de las piñas se colocaba una nueva capa de bagazo, luego un tablón con un agujero central y encima de éste la cantidad de tierra que fuera necesaria para cubrir de una manera hermética el horno.

Después se practicaba en la cúspide del montículo una abertura o "respiradero" que llegara directamente al agujero del tablón y por ahí se vertía agua fría en cantidad necesaria, que variaba según la capacidad del horno, para formar vapor en contacto con las piedras calientes tapándose inmediatamente con un leño y rellenando con tierra los intersticios.

Después de 24 horas, se quitaba el leño y se volvía a verter agua, para provocar un nuevo desprendimiento de vapor, tapándose nuevamente y después de otras 24 horas se agregaba agua en cantidad suficiente para enfriar el horno.

Se dejaba reposar 24 horas, tiempo en el que se terminaba de enfriar el horno. Se descargaban las piñas, quedando listas para ser llevadas a la "tahona".

Posteriormente, el cocimiento se efectuó en hornos, sistema que emplean la mayoría de las fábricas actualmente.

Los hornos de mampostería son cuartos con techo plano ó ligeramente abovedado. El piso es de cemento, ligeramente inclinado para facilitar el escurrimiento de la miel que suelen las piñas. A cierta distancia del suelo y descansando sobre pilotes, tienen una reja de fierro o en su lugar viguetas de cemento a todo lo largo, que sirven para soportar las piñas, por lo que están a una separación no mayor de 40 cm. Abajo de este enrejado se encuentra la entrada del vapor. Tie

nen una sola puerta y una abertura en la parte superior que permite la salida del acomodador de las piñas.

Las piñas se estiban en capas hasta llegar al techo. Una vez lleno el horno, se cierra la puerta lo mejor posible, sellándola con una mezcla de barro y bagazo de la misma molienda, si no se poseen puertas herméticas. Después, se alimenta el vapor a una presión de 70 a 80 lb/in². Este vapor se condensa sobre las piñas y con la humedad y la elevación de la temperatura se efectúa el cocimiento.

El tiempo de cocido es variable, de 24 a 48 horas, dependiendo de la presión de vapor; del tipo de Agave usado, y del número de cargas con que se cierra el horno. En los hornos de techo abovedado, el escurrido del vapor que se condensa en el techo es más uniforme disminuyendo el tiempo de cocción y ayuda al mejor cocido de las piñas en las capas superiores. En éstos hornos las piñas no quedan igualmente cocidas, algunas quedan muy cocidas y otras un poco crudas.

El ciclo de cocimiento para este tipo de hornos es: para cargar 4 horas; para cocer 24 horas; para reposo y enfriado 24 horas y para descargar 4 horas haciendo un total de 56 h.

Lo más moderno es utilizar Autoclaves con una presión de 2 Kg/cm². En estas Autoclaves el cocimiento se lleva a cabo en un tiempo de 10 a 12 horas y el tiempo de carga es de 4 horas.

Al efectuarse el cocimiento hay una pérdida de peso entre el 12 y 24 % que son las mieles de horno, o sea, los escurrimientos que sufren las piñas.

El cocimiento se hace para transformar los azúcares que estan en forma de inulina a fructosa.

Después de cocidas las piñas, pasan a la molienda.

Para pasar a la molienda, las piñas tienen que desgarrarse. Antiguamente la operación se hacía a mano sobre canoas de madera cortando las pencas con hacha y preparándolas así para la molienda en las "tahonas".

Las "tahonas" son molinos de piedra. La muela o piedra de molido tiene por lo general un diámetro de uno a dos metros y un espesor de 40 a 80 cm de altura; empedrada o enlo

sada, contra la cual se muele el Agave por el paso de la piedra. Al principio eran movidas por tracción animal y después por tracción mecánica.

Esta operación duraba aproximadamente 3 horas y mientras el tahonero o peon encargado de la maniobra, movía frecuentemente las pencas ya seleccionadas, colocándolas debajo de la muela a su paso, con objeto de que quedaran muy bien desfi--bradas. Ya que quedaban perfectamente molidas pasaban a las tinas de fermentación.

*Actualmente las piñas son desgarradas por medio de una máquina. Y la molienda se hace por medio de molinos de mazas, también mecanizados y electrificados.

Teniendo la miel cocida y mezclada con el jugo producto - de los molinos, se llenaban las tinas de madera o "pilas" - que estaban empotradas al suelo, iniciándose la fermentación.

La fermentación se verificaba con bagazo, estando éste - presente en un 15 a 20 % en volumen, siendo el Brix de carga de 8 a 10 en el Invierno y de 5 a 7 en el Verano.

A la miel o bagazo de la tahona hay que agregar agua, pero como no todas las piñas tienen la misma concentración de azúcares, la cantidad de agua agregada era variable, y en - términos generales el 125% del peso de la piña machacada.

Las tinas se cargaban con una masa de aspecto fibroso empapada en miel, teniendo al principio un color café rojizo que pasa a café oscuro conforme la fermentación avanza. Despues de un tiempo de iniciada la fermentación, se procedía - al batido, operación que consistía en que el peon o batidor se introducía desnudo a las tinas y con pies y manos batía - los mostos, es decir, por frotamiento despegaba la pulpa adherida a las fibras con el fin de que el rendimiento fuera - mayor.

Cuando el bagazo flotaba o subía, se mezclaba sumiéndolo con palos y a ésta operación también la llamaban batido, efecto que se presentaba generalmente 12 horas después de iniciada la fermentación, que estaba entonces en el período tumultoso. Después venía la fermentación lenta, que acababa de --transformar el azúcar en alcohol y se formaba una capa espe-

sa en la superficie.

Transcurridas aproximadamente 60 horas, el ciclo de la fermentación había terminado, vaciándose las tinajas por medio de cubetas y pasándose el contenido a los alambiques para efectuar la destilación. Los alambiques, discontinuos, eran calentados a fuego directo.*

En la actualidad se están introduciendo tanques de fermentación de acero inoxidable y la mezcla de mieles de horno y jugo de molinos se pasa por un filtro antes de bombearse a los tanques de fermentación, utilizándose levadura seleccionada para ayudar a la fermentación. El tiempo de fermentación es aproximadamente el mismo de 56 horas y teniendo el mosto muerto una densidad de 0°Bx.

Al terminarse la fermentación se pasa el mosto ya fermentado, que se denomina "mosto muerto", a los alambiques discontinuos para efectuarse la destilación.

Los alambiques poseen un serpentín por el cual se les --transfiere el calor del vapor del mosto.

La destilación consiste en pasar por dos alambiques el mosto muerto. Al producto de la destilación del primer alambique se le denomina "ordinario", el cual es introducido al segundo alambique que se le conoce con el nombre de "refinador" y su producto terminado es el Tequila. Al primer alambique se le conoce con el nombre de "destrozador".

f) NORMA OFICIAL MEXICANA "TEQUILA" NOM-V-7/1978 (Esta Norma cancela la NOM-V-7-1976)

0. INTRODUCCION.

El producto a que se refiere esta Norma, es la bebida alcohólica denominada TEQUILA.

1. OBJETIVO.

Esta Norma Oficial establece las características que debe cumplir la bebida alcohólica denominada TEQUILA.

2. CAMPO DE APLICACION.

Esta Norma se aplica a la bebida alcohólica elaborada con Agaves de la especie *tequilana* Weber, Variedad Azul, cultivados en el Estado de Jalisco; Los Municipios de Abasolo, Ciudad Manuel Doblado, Cuerámbaro, Huanímbaro, Pénjamo y Purísima del Rincón, del Estado de Guanajuato; los municipios de Briseñas de Matamoros, Chavinda, Chilchota, Churintzio, Cotija, Ecuandureo, Jacona, Jiquilpan, Maravatío, Nuevo Parangaricutiro, Numarán, Pajacuarán, Peribán, La Piedad, Regules, Los Reyes, Sahuayo, Tancítaro, Tangamandapio, Tangancicuaro, Tánhuanato, Tinguindín, Tocumbo, Venustiano Carranza, Villamar, Vistahermosa, Yurécuaro, Zamora y Zináparo, del Estado de Michoacán; Los Municipios de Ahuacatlán, Amatlan de Cañas, Ixtlán, Jala, Jalisco, San Pedro lagunillas, Santa María del Oro y Tepic, del Estado de Nayarit; y los Municipios de Aldama, Altamira, Antiguo Morelos, Gómez Farías, Gonzáles, Llera, Mante, Nuevo Morelos, Ocampo, Tula y Xicoténcatl, del Estado de Tamaulipas.

3. REFERENCIAS

Para la comprobación de las especificaciones físico-químicas establecidas en la presente Norma, se deben aplicar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas en Vigor:

NOM-V-17 Método de Prueba para la determinación de extracto seco y cenizas en bebidas alcohólicas destiladas.

NOM-V-13 Método de Prueba para la determinación del % de alcohol en volumen en la Escala Gay Lussac a 15°C en bebidas alcohólicas destiladas.

NOM-V-14 Método de Prueba para la determinación de alcoholes superiores (aceite de fusel) en bebidas alcohólicas destiladas.

NOM-V-21 Método de prueba para la determinación de Metanol en bebidas alcohólicas destiladas.

4. DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma se establecen las siguientes definiciones:

4.1 Abocado.- Procedimiento para suavizar el sabor del te

quila, mediante la adición de uno o más suavizantes y colorantes inocuos, permitidos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

4.2 Maduración.- Transformación lenta que permite adquirir al producto las características organolépticas deseadas, por procesos físico-químicos que en forma natural tienen lugar durante su permanencia en las barricas.

4.3 Tequila.- Bebida alcohólica regional, obtenida por destilación y rectificación de mostos preparados con los azúcares extraídos de las cabezas de *Agave tequilana* Weber, variedad Azul, sometidos previamente a fermentación alcohólica con levaduras. Permittedose adicionar hasta un 49 % de otros azúcares en la preparación de dichos mostos. El tequila es un líquido transparente de olor y sabor suigéneris y de acuerdo al tipo de tequila, es incoloro o ligeramente amarillento cuando es madurado en recipientes de madera de roble o encino. También puede tener coloración el tequila, cuando se aboque sin madurarlo.

4.4 Tequila Añejo (Tipo IV).- Producto sometido a un proceso de maduración por lo menos un año en barricas de roble o encino, susceptible de ser abocado y ajustado con agua de dilución a su graduación comercial estableciéndose que la edad para este tequila se la proporcionará el componente más joven, en el caso de mezclas de diferentes edades.

4.5 Tequila Blanco (Tipo I).- Producto obtenido en la rectificación y ajustado con agua de dilución a su graduación comercial.

4.6 Tequila Joven Abocado (Tipo II).- Producto descrito en 4.5 susceptible de ser abocado.

4.7 Tequila Reposado (Tipo III).- Producto que se deja por lo menos 2 meses en recipientes de madera de roble o encino, susceptible de ser abocado y ajustado con agua de dilución a su grado comercial.

5. CLASIFICACION.

5.1 De acuerdo a su elaboración, el Tequila. objeto de esta Norma, se clasifica en:

5.1.1 Tequila 100 % de Agave.- Es aquél que proviene de los mostos que única y exclusivamente contienen azúcares, - provenientes de los "Agaves *tequilana* Weber, Variedad Azul".

5.1.2 Tequila.- Es aquél que proviene de los mostos a los que se les han adicionado hasta un 49 % de otros azúcares - ajenos al "Agave *tequilana* Weber, Variedad Azul".

5.2 De acuerdo a sus características, el tequila se clasifica en los siguientes tipos:

Tipo I.- Tequila blanco

Tipo II.- Tequila Joven Abocado

Tipo III.- Tequila Reposado

Tipo IV.- Tequila Añejo.

6. ESPECIFICACIONES

6.1 El tequila, objeto de esta Norma, debe cumplir con las especificaciones anotadas en la tabla 1.

6.2 Requisitos generales.

6.2.1 La maduración del Tequila Añejo, debe efectuarse en recipientes de roble o encino, cuya capacidad máxima sea de 600 litros.

6.2.2 Para alcanzar la graduación comercial requerida, debe usarse agua potable, destilada o desmineralizada.

TABLA 1. ESPECIFICACIONES FISICOQUIMICAS

	TIPO I		TIPO II		TIPO III		TIPO IV	
	Teq. Blanco		Teq. Joven Abocado		Teq. Reposado		Teq. Añejo	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Grado alcohólico real a 15°C en la escala - de Gay Lussac.	38.0	55.0	38.0	55.0	38.0	55.0	38.0	55.0
Extracto seco (g/l)	----	0.2	----	5.0	---	5.0	----	5.0
Valores expresados en mg/100 ml referidos a alcohol anhidro.								
Alcoholes Superiores (en alcohol amflico)	0	400	0	400	0	400	0	400
Metanol	0	300	0	300	0	300	0	300

CAPITULO II

LEVADURAS USADAS EN LA FERMENTACION

a) FERMENTACION

La fermentación es un proceso metabólico que se caracteriza por la degradación incompleta de los hidratos de carbono liberando energía.

La fermentación por lo general es capaz de realizar la oxidación (la deshidrogenación), hasta el estado en que todos los átomos de carbono del carbohidrato se oxiden a anhídrido carbónico.

De una manera general, la fermentación se puede dividir en dos grandes ramas que son: La fermentación Aerobia y la fermentación Anaerobia.

En las fermentaciones aerobias el oxígeno sirve como aceptor, mientras que en las anaerobias el papel de aceptor lo hacen otras sustancias tales como aldehídos, esteroides, etc.

Como ejemplos de las fermentaciones aerobias tenemos las fermentaciones: acética, cítrica, fumárica y oxálica; y de las anaerobias: la fermentación alcohólica, láctica, propiónica y butírica.

Para los fines de este estudio, nos interesa en particular la fermentación alcohólica, por lo cual trataremos de describir sus características generales en los párrafos siguientes.

La Fermentación Alcohólica consiste en la hidrólisis del azúcar a etanol y anhídrido carbónico en ausencia de oxígeno libre, esta fermentación se lleva a cabo por medio de una ruta enzimática, que es la que realiza la transformación.

Habitualmente cada especie de organismo posee una sola ruta fermentativa característica, la cual está determinada por su información genética. Muchos microorganismos pueden clasi-

ficarse basandose en la especificidad de sus moléculas combustibles y en sus mecanismos de fermentación.

En la fermentación Alcohólica los organismos que la llevan a cabo son las Levaduras, siendo las principales las del género *Saccharomyces*, y otras especies como la *Torulopsis sp.*, *Kloeskera sp.*, *Candida sp.*; ciertas especies del orden Mucorales y algunas bacterias. Sin embargo, la Fermentación Alcohólica más importante es producida por las especies del género *Saccharomyces*. (6,9,11,12,18,21,24)

b) MICROORGANISMOS MAS UTILIZADOS EN LA FERMENTACION ALCOHOLICA

Levaduras.- Son microorganismos unicelulares pertenecientes al reino de los hongos, los cuales son microorganismos no fotosintéticos que poseen pared celular y que generalmente crecen como una masa de filamentos ramificados entrelazados (hifas), que se conoce como micelio, las que permiten el paso libre de núcleos y corrientes citoplasmáticas. Las formas miceliales son llamadas moho. Unas cuantas especies como las levaduras verdaderas, no forman micelio, sin embargo, son fácilmente reconocibles como hongos por la naturaleza de su ciclo sexual de reproducción y por la presencia de formas --transicionales.

Los hongos, para su estudio, se dividen en las siguientes clases: Phycomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes y Deuteromycetes (hongos imperfectos). Algunas levaduras utilizadas en la Fermentación Alcohólica pertenecen a la clase Ascomycetes y otras a las que no se les conoce su fase sexual pertenecen a la clase Deuteromycetes.

Las levaduras esporógenas se cuentan entre la clase Ascomycetes y dentro de ésta a la subclase Protascales, también denominada Protoascomycetes ó Hemiascomycetes. Dentro de esta subclase las levaduras esporógenas pertenecen al orden -- Endomycetales. Este orden está caracterizado porque un cigoto ó una sola célula puede ser transformada en una asca, bien _

directamente o después de formación precedente de células diploides.

Las especies esporógenas de levadura están distribuidas de una forma que puede estar aislada o reunida en grupos de generos, se encuadran en una serie de subfamilias reunidas en la familia Endomycetaceae.

En esta familia se encuentran micelios, pseudomicelios, oidios (artrosporas) y células en germinación (blastosporas).

Con frecuencia, hay un estado de multiplicación vegetativa entre la diploidización y la formación de asca. Se dan tanto la desasimilación oxidativa como la fermentativa.

Las levaduras que forman más cantidad de alcohol se encuentran entre las especies esporógenas de levaduras.

De una manera más práctica podemos clasificar los distintos géneros y especies que denominaremos: levaduras cultivadas y levaduras silvestres.

Existen dos formas de levaduras: Levadura Alta y Levadura Baja.

La Levadura Alta es la que asciende durante la fermentación hasta la superficie del líquido que se fermenta, donde permanece, ya sea como capa uniformemente distribuida, o bien, como anillo del recipiente o de la cuba de fermentación.

La Levadura Baja se desarrolla en exclusividad en el fondo del recipiente o de la cuba de fermentación. Pero durante la fermentación es lanzada hacia las partes superiores del líquido como consecuencia de la formación de CO_2 .

El origen de las dos diversas formas fermentativas consiste en que las células de levadura alta quedan ligadas algún tiempo después de la fermentación en cadenas rígidas ramificadas, que son arrastradas por el anhídrido carbónico desarrollado durante la fermentación, mientras que las células de levaduras bajas se separan con rapidez entre sí y descienden al fondo. Esta diferencia morfológica se puede observar en algunos casos, por ejemplo en ambas especies *Saccharomyces cereviceae* y *Saccharomyces carlsbergensis* de las cuales la

primera es una levadura alta y la última es una levadura baja; pero en varios casos una especie de levadura puede presentar una fermentación alta, sin que ello se deba a que las células estén unidas en cadenas ramificadas rígidas.

Saccharomyces.-

Este género abarca numerosas especies, tanto de levaduras cultivadas como silvestres. Pero las especies de levaduras - cultivadas abarcan muchas razas diversas, es decir, cepas que se diferencian respecto a propiedades particulares, por ejemplo, si tienen una mayor o menor velocidad de fermentación, - si son bajas o altas, etc.

Saccharomyces cereviceae. Hansen

Levadura alta cultivada. Las células de cultivos jóvenes son redondas; ovales u oviformes. La relación entre longitud y anchura es por lo general menor de dos. Con frecuencia se encuentran cadenas celulares rígidas ramificadas (pseudomicelios). Los límites de temperatura para la formación de células se encuentra entre 3° y 40°C.

La formación de película varía según la temperatura a la cual se realice. Después de 7 u 11 días entre 20° y 34°C aparece una película delgada formada por células de forma bacilar y después de 15 ó 30 días a una temperatura de 13 a 15°C se forma una película más gruesa. En el curso de un mes a temperatura ambiente, se produce sedimento de una película. Los límites de temperatura para la formación de película se encuentran entre los 6° y 38°C. Las esporas que se forman en cantidades de 1 a 4 en una asca, son redondas y lisas, midiendo 3.5 micras aproximadamente de diámetro. Con frecuencia se forma una cuña protoplasmática entre las esporas, de manera que estas reciben un aspecto característico de pared doble. - El óptimo de temperatura para la esporogénesis se encuentra hacia los 9° y 37°C. La germinación de las esporas se lleva a cabo a una temperatura de 12° a 15°C, en el curso de 4 a 6 días.

La *Saccharomyces cereviceae* fermenta: glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa y rafinosa; ésta última solo una tercera parte.

Saccharomyces cereviceae, Var. Ellipsoideus.

Levadura cultivada y levadura silvestre. En cultivos jóvenes predominan las células alargadas elípticas. El tamaño varía mucho y en algunas determinadas cepas las células las células pueden tener una longitud de 20 micras, aunque se pueden hallar también células completamente redondas. La relación entre longitud y anchura es por lo general dos. Las células pueden encontrarse encadenadas.

Los límites de temperatura para la formación celular se encuentran en mostos entre los 0.5° y 41°C.

Cuando esta levadura crece en mosto, forma una película tenue y un anillo delgado.

Los límites de temperatura para la formación de película estan entre 6° y 34°C.

La *Saccharomyces cereviceae*, Var. Ellipsoideus forma esporas con facilidad, incluso en cultivos viejos de laboratorio y residuos de mosto. A 25°C que es el óptimo de la temperatura para la esporogénesis aparece por lo general a las 40 horas. Los límites de temperatura para la esporogénesis se encuentran entre los 4° y 32.5°C.

Las cuatro esporas que se forman por lo general en una asca, se ven con claridad y son fuertemente refringentes.

Hay diversas variedades de *Saccharomyces cereviceae*, Var. Ellipsoideus, las cuales han sido investigadas durante mucho tiempo, como ejemplo mencionaremos *Saccharomyces cereviceae* Var. Ellipsoideus Johannesber I, tiene células redondas y oviformes, forma película entre 26° y 27°C. Las esporas aparecen a 25°C después de 28 a 30 horas.

Las diferencias que separan las levaduras *Saccharomyces cereviceae* Var. Ellipsoideus de las del ambiente y que se encuentran sobre numerosas plantas no han sido aclaradas com--

pletamente. Probablemente se trata de diferencias en el poder fermentativo frente a determinados carbohidratos.

Saccharomyces pastorianus Hansen.

Recibe también el nombre de *Saccharomyces pastorianus* I Hansen, es una levadura silvestre, por lo general levadura - baja. Las células jóvenes cultivadas durante tres días a 25°C tienen formas que van desde oval a bacilar y se encuentran - en pareja con cadenas cortas. La relación entre longitud y - anchura es aproximadamente tres.

El límite de temperatura para la formación de película - es entre 3° y 28°C.

Los límites de temperatura para la esporogénesis son entre 0.5° y 31.5°C siendo el óptimo de 27.5°C.

En cultivos recién recogidos del sustrato original, las esporas se forman por lo general en el intervalo de 40 h. en - tre 25° y 30°C.

Las esporas se forman por lo común, en número de cuatro en células alargadas, las cuales suelen estar dispuestas en una fila.

La levadura *S. pastorianus* fermenta la glucosa, sacarosa, maltosa, rafinosa; ésta última en dos terceras partes, y no fermenta galactosa.

Saccharomyces bayanus.

Levadura silvestre, sus células son elípticas apareciendo aisladas o en parejas en cultivos jóvenes. En cultivos viejos se forman cadenas ramificadas (pseudomicelios).

Las células vegetativas pueden vivir hasta los 70°C.

Los límites de temperatura para la esporogénesis se en---cuentran entre 0.5° y 32°C, siendo el óptimo a 24°C.

Fermenta la glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa y una - tercera parte de la rafinosa.

Saccharomyces logos.

Híbrido de levadura silvestre y cultivada. Las células -

de cultivos jóvenes son ovales, las de cultivos viejos son alargadas. La esporogénesis se produce a una temperatura entre 22° y 30°C. Fermenta muy lentamente, pero produce porcentajes de alcohol muy elevados.

S. logos fermenta glucosa, galactosa, sacarosa, maltosa, rafinosa y dextrina.

Saccharomyces uvarum.

Hibrido de levadura silvestre y cultivada. Se asemeja en estudio microscópico a la *S. pastorianus*. Posee las mismas células alargadas, casi en forma bacilar en las cuales la relación entre longitud y anchura, por lo general, es mayor de dos.

Tras de cultivarse en mosto durante un mes aproximadamente, se forma sedimento, anillo y película en forma de islas. La esporogénesis termina cuando la levadura ha sido cultivada durante algunas generaciones en substratos de laboratorio.

S. uvarum fermenta glucosa, sacarosa, rafinosa y ligeramente a la galactosa.

Zygosaccharomyces.

Desde el punto de vista morfológico se parece al género *Saccharomyces*, la diferencia primordial entre ambos consiste en que las células de levadura de *Zygosaccharomyces* son haploides. Las ascas sólo se forman previa conjugación entre dos células de levaduras.

El cigoto formado por la fusión de las dos células, se transforma directamente en una asca, en la cual se forman esporas por meiosis. De estas esporas germinan células haploides de levaduras y el proceso comienza de nuevo. La conjugación puede ser tanto isogama como heterogama.

El poder fermentativo varía en las diferentes especies, pero ninguna de ellas es capaz de producir la fermentación total de la rafinosa.

El género *Zygosaccharomyces* engloba diferentes especies

procedentes de Asia Oriental y de América, pero también hay algunas especies Europeas.

Es característica la enorme resistencia de los *Zygosaccharomyces* frente a elevadas concentraciones de azúcares, y tal vez esto esté relacionado con el hecho de que muchas especies han sido encontradas en excreciones azucaradas de vegetales, en miel en el canal digestivo de las abejas.

El género *Zygosaccharomyces* se encuadra en el género *Saccharomyces* partiendo de la consideración de que no existe ninguna diferencia básica entre ambos géneros. Sin embargo, el nombre *Zygosaccharomyces* está muy arraigado en la Industria Fermentativa.

Obtención de Híbridos de *Saccharomyces* y *Zygosaccharomyces*

Con el fin de obtener híbridos que den una mayor producción de alcohol etílico, se han hecho estudios genéticos por medio de cruza de especies diferentes de *Saccharomyces* sp. y una de *Zygosaccharomyces* sp.

Como resultado de estos estudios, se han obtenido las siguientes observaciones:

1) Que los híbridos en ciertas ocasiones perdían su capacidad de reproducción ya que producían esporas incapaces de germinar.

2) La capacidad de producir enzimas específicas es un carácter dominante.

3) La cruza entre las levaduras se puede efectuar tanto entre ascosporas como entre células vegetativas.

4) Que las células vegetativas pueden ser diploides (*Saccharomyces*) o haploides (*Zygosaccharomyces*).

5) La cruza puede ser isogama o heterogama.

Los primeros en realizar este tipo de estudios fueron O. Winge y O. Lausten que cruzaron *Saccharomyces validus* con *Saccharomyces ellipsoideus*.

Kloeskera.

Estas levaduras "apiculatus" se encuentran en la mayoría

de las frutas, siendo muy populosas durante las etapas tempranas de la fermentación. Al avanzar ésta, las levaduras "apiculatus" están en competencia con las levaduras *Saccharomyces sp.* sobreviviendo hasta el final de la fermentación.

La especie más importante es *Kloeskera apiculata* Nichaus, las células son pequeñas, algunas veces tan pequeñas como las bacterias, frecuentemente en la forma típica apiculatus, llamada picuda o puntiaguda. La germinación comienza en los polos de la célula sobre una base más amplia que la de las *Saccharomyces sp.* Hay usualmente una, algunas veces dos, y a veces cuatro esporas por asca. Las esporas se hinchan en un lado después de la germinación. La formación de esporas disminuye por cultivo en un medio sintético. Estas levaduras crecen y se reproducen muy aprisa.

Las levaduras *Saccharomyces sp.* producen de 0.3 a 0.6 g. de ácido acético por litro de alcohol durante la fermentación alcohólica y las levaduras apiculatus producen cerca de 0.5 a 1.3 g. de ácido acético por litro de alcohol formado; también algunos esteres del ácido acético. Esto último es el responsable más probable del buquet característico y aroma principal, llamado gusto o sabor "apiculatus". (4,8,9,11,19,20,21,-24,26,27)

c) AISLAMIENTO DE LEVADURAS.

El principio fundamental del aislamiento primario es la dilución de la fuente o procedencia del organismo deseado - por medio del método de estria en medios de cultivo sólidos.

Cuando el cultivo diluido crece en un medio adecuado, - cada organismo viable es separado de sus vecinos de tal manera que las colonias resultantes son pequeñas.

El subcultivo del organismo tomado con una aguja de platino estéril de las colonias ya formadas, es llevado a otros medios de cultivo (estos subcultivos consisten casi enteramente de la progenie de un solo organismo) para este propósito, el uso de un medio de cultivo sólido es esencial para proveer un soporte para el crecimiento de las colonias.

La base más común es gel acuosa del 1 al 2% de agar-agar, sin embargo la sílica gel, la gelatina, la peptina y la carbometoxicelulosa son también usadas.

En la base se le incorporan los ingredientes que más favorecen al crecimiento del mismo (nutrientes).

Un cultivo obtenido de esta manera puede ser contaminado con otros microorganismos, los cuales pueden crecer simultáneamente sobre el medio particular suministrado por lo que es necesario purificarse.

El método más simple es preparar una suspensión del organismo en grados sucesivos de dilución y resembrar estos para obtener colonias pequeñas, alternativamente un método primario de llevar este tipo de purificaciones, es inocular una placa de medio de cultivo sólido en un punto con un filamento de cultivo y de ese punto, arrastrar los organismos con el asa a través de la placa. El número de arrastres va disminuyendo con la distancia de la fuente a las islas, entonces se hace un rayado transversal a partir de la fuente y aún un tercero en ángulo recto a este segundo, atenuando de esta manera el crecimiento.

De esta sencilla manera se obtienen colonias bien separadas a temperatura constante. Utilizando moldes es posible estriar, con asas estériles los puntos de crecimiento del micelio atravezando en la orrilla de una colonia, donde el organismo quizá haya crecido limpio de contaminación y al inocular esas pocas células en medio seco produzcan un cultivo mejorado.

Es también posible con levaduras que formen esporas, en casos especiales, disecar esporas individuales con un microdisecador y hacer crecer cultivos a partir de ellos.

Los medios nutritivos usados en aislamientos de organismos influyen marcadamente los tipos obtenidos, es fundamental para todos los tipos de aislamientos que los diferentes medios favorezcan el desarrollo del tipo deseado a expensas de los otros.

Existen factores importantes que se deben tomar en cuenta para favorecer el desarrollo de microorganismos deseados y evitar el de otros microorganismos, tales como bacterias, que tienen un tiempo de desarrollo más corto que el de las levaduras; por lo tanto, hay que evitarlo para obtener cultivos puros de levaduras, entre estos factores podemos citar:

1) Medios de cultivo.- Algunos medios de cultivo como el Czapek-Dox contienen un colorante (Rosa de Bengala) que evita el desarrollo de bacterias, pero que no afecta a las levaduras.

2) Control del pH.- Un pH de 4 es recomendable para el desarrollo de levaduras y evita el de las bacterias.

3) Control de la temperatura.- La temperatura favorable para las levaduras es entre 20° y 24°C, temperatura que no es muy favorable para las bacterias.

4) Para el desarrollo de las levaduras se requiere oxígeno, por lo cual debe de hacerse en un medio aireado.

[Debido a que el Tequila es un producto obtenido a partir de fermentación, es éste el determinante de que el producto final sea de buena calidad, ya que la levadura es la responsable de producir la transformación de azúcares en alcohol etílico y de la formación de los subproductos que dan las características peculiares del tequila, además de la calidad de las materias primas.]

Un buen control en la fermentación esta precedido de una selección uniforme del tipo o de los tipos de levadura utilizados. La producción de un tipo determinado y seleccionado de acuerdo a sus propiedades en la fermentación, requiere de un estudio previo microbiológico, sucedido de pruebas de fermentación para asegurar la capacidad de las levaduras.

Las levaduras pueden ser obtenidas de diferentes medios - como son: levaduras obtenidas del medio donde se cultiva el *Agave tequilana*; obtenidas del medio ambiente de las fábricas; obtenidas de las tinajas de fermentación; obtenidas de los Agaves utilizados en las fábricas.

La selección puede ser natural basados en que la población de un sustrato nutritivo va variando de acuerdo a los cambios fisicoquímicos subsistiendo solo especies determinadas que soportan dichos cambios. De aquí que, de la variedad de especies de levaduras presentes en el Agave, se pueden separar las que sobrevivan a las condiciones determinadas para la fermentación requerida, obteniendo una levadura de mayor resistencia y capacidad de transformación de azúcares.

Para obtener las levaduras de las tinajas de fermentación se toma la muestra de un mosto en fermentación, el cual está contaminado con bacterias y levaduras silvestres, y se hace lo siguiente:

1ª Se hacen diferentes diluciones de la muestra y de cada una se toma una alícuota, la cual se coloca en un tubo que contenga medio de cultivo fundido a 42°C, se agita y se pasa a una caja petri estéril, se deja que solidifique y después se mantiene a una temperatura entre 24° y 30°C.

2ª Cuando ya se observa el desarrollo favorable de las colonias de levaduras, de una de ellas se toma un poco de inóculo; de la colonia seleccionada se hace lo mismo que en el primer paso, para obtener clones.

3ª Los clones obtenidos se prueban inoculando en mostos estériles y de esta forma se selecciona la levadura ideal para la producción de Tequila.

Las demás levaduras obtenidas de los otros medios se les da el mismo tratamiento para su separación. (2,6,9,18,21,22)

d) PROPAGACION DE LEVADURAS.

Se utiliza el término propagación para denotar aquellos procesos en los que el objetivo primordial es la producción de células más que la obtención de productos terminales.

Las fermentaciones pueden ir asociadas a los procesos de propagación pero en general, conviene prevenirlas o reducir las al mínimo, manteniendo condiciones óptimas para la reproducción de las células.

De la muestra original, después de haber inoculado la levadura característica, se procede a propagar las levaduras - pasando de un recipiente más chico a otro más grande. Originalmente se prepara mosto fresco en un tubo de ensaye para - de ahí pasarlo a un matraz y posteriormente a un litro.

Una vez hecha la propagación durante varios días se procede a observarlas al microscopio y a hacer cultivos en medios nutritivos para bacterias con el fin de notar que estas levaduras ya propagadas están completamente libres de bacterias, debido a los cambios a que son sometidas; de no ser -- así, esta propagación deberá repetirse hasta obtener un cultivo puro por el método explicado anteriormente.

Después de hecha la propagación se procede a inocular de nuevo y a sembrar en las cajas petri, las cuales se pasan a una estufa que tiene una temperatura de 25°C durante 48 h. hasta que aparecen las colonias, de las cuales se escogen -- las mejores y se ponen a fermentar para de ahí seleccionar -- adecuadamente la que mejor funcionamiento tiene durante todo el proceso. (2,18,21,26)

e) COMPOSICION QUIMICA DE LAS LEVADURAS.

La levadura contiene al igual que la mayoría de los organismos una mayor proporción de agua, en este caso el 75 % y un 25% de substancia seca, analizando la substancia seca de la levadura se han encontrado los siguientes componentes: ceniza 8%, Carbohidratos 43%, Proteína 48% y un 2% de grasas.

Las substancias minerales presentes en la levadura son - por lo general de un 5 a un 9% del peso seco. Los componentes principales son ácido fosfórico alrededor del 50% y potasio aproximadamente el 30%.

Los rangos de porcentajes de las diversas substancias - presentes en los análisis de levaduras se indican a continua-
ción:

K_2O 23.3 - 39.4 %

Na ₂ O	0.5	-	2.2	%
CaO	1.0	-	4.5	%
MgO	3.7	-	8.7	%
Fe ₂ O ₃	0.05	-	0.07	%
P ₂ O ₅	44.8	-	59.4	%
SO ₃	0.57	-	6.3	%
SiO ₂	0.9	-	1.8	%

Las variaciones que se presentan son debidas a las diversas especies de levaduras y a su diferente grado nutritivo.

Los hidratos de carbono se hayan presentes en la levadura en parte como hemicelulosa y goma de levadura en la pared celular, en parte como glucógeno y una parte muy pequeña de diversos glucidos en el citoplasma.

El glucogeno se encuentra en una cantidad variable dependiendo de los estadios vitales de la levadura.

Al inicio de un periodo de fermentación, cuando el líquido fermentativo contiene la mayor cantidad de azúcar, aumenta el contenido glucogénico de la célula de levadura alcanzando su máximo cuando casi ha finalizado la primera fermentación tumultosa. En este estadio empieza a disminuir el contenido en glucógeno, aunque haya azúcar presente en el mosto en fermentación.

Cuando la célula se encuentra en un estado perfecto de nutrición, el contenido en glucógeno representa del 17 al 30 % de la sustancia seca. Siendo en este caso el alimento de reserva más importante de la levadura. El glucógeno se forma en la célula de levadura a partir de azúcar, y las reacciones fermentativas aportan la energía precisa para su sintesis.

Se ha demostrado que la formación de glucógeno termina cuando se interrumpen las reacciones fermentativas por medio de sustancias inhibitoras.

A las sustancias nitrogenadas de la levadura corresponden unas dos terceras partes de su peso seco (del 30 al 75%

contienen un 5 a 12% de N) la cantidad depende de la alimentación de la levadura, de la cantidad de oxígeno, de la temperatura del cultivo, etc.

El contenido normal en grasas de la levadura es relativamente escaso. Es mínimo en las células en crecimiento y máximo en las células viejas.

Mediante la introducción de aire ya sea mediante inyección o en cultivos superficiales, puede sobrevenir una formación extraordinaria de grasa.

Además, la formación de grasa en las células de levadura se ve favorecida por los vapores de alcohol. (9,11,18,19)

f) SUBSTRATOS.

Hay diferentes clases de substratos, de los cuales la mayoría son importantes. Hay substratos que se utilizan para el cultivo de la levadura y hay otros como el mosto que sirven para el desarrollo de la levadura.

Un substrato eficiente utilizado para el cultivo de la levadura es el llamado Agar-Agave-Cristal violeta, el cual está compuesto por agua, fosfato dipotásico, sulfato de amonio y la solución de agar, obteniéndose buenos resultados del cultivo.

Las sustancias sobre las que se desarrollan los microorganismos tienen un doble papel, primero como alimentación y segundo como materiales de transformación debido a la acción de las enzimas producidas en exeso respecto a los requisitos nutricionales. El valor energético de una sustancia depende del grado de oxidación de la misma.

El desdoblamiento de sustancias nutritivas en la fermentación no solo se traduce en el desprendimiento de calor, sino que viene acompañado de la formación de nuevas células. Por ejemplo, en la fabricación de levaduras concentradas, se provee al medio nutritivo de una gran cantidad de aire, favoreciéndose la oxidación aerobia que produce grandes cantidades de células de levadura, considerando que son adecuadas las demás condiciones (cantidad de fosforo y nitrogeno, pH, concentración de azúcares, etc.).

En condiciones anaerobias, como en el caso de la Fermentación Alcohólica Industrial, el consumo de azúcares es mayor para producir la misma cantidad de células en condiciones aerobias, al mismo tiempo hay una mayor conversión de materia orgánica en el producto final y subproductos.

En la realización del proceso industrial de fermentación, el substrato debe ser abundante, barato y de energía potencial alta, el microorganismo utilizado será capaz de atacar por medio de enzimas, determinados grupos químicos del substrato, y ya sea por hidrólisis, oxidación, reducción, romper algunos enlaces de la molécula del substrato, dando lugar a productos que sean estables en condiciones prefijadas. De este modo, por una reacción enzimática o serie de reacciones sucesivas, llevadas a cabo en condiciones definidas, pueden obtenerse los productos o subproductos deseados. (6,9,11,15)

g) ENZIMAS.

Casi todos los procesos bioquímicos en el organismo vivo solo se pueden realizar con la velocidad precisa si están presentes uno o varios catalizadores.

Las enzimas son biocatalizadores sintetizados por las células vivas. Las enzimas siempre contienen proteínas. Una parte importante de la proteína en las células de los microorganismos son enzimas. En su propiedad de catalizadores, las enzimas hacen que con su presencia los procesos discurren con mayor velocidad.

Las enzimas se diferencian de los catalizadores inorgánicos en un punto determinado, no son eternas, teniendo que reformarse siempre de nuevo, pero se parecen a todos los demás catalizadores en que actúan en cantidades mucho muy pequeñas.

La propiedad más característica de las enzimas tal vez sea su especificidad.

En algunos casos, las enzimas están ligadas a las células y entonces se llaman endozimas, otras enzimas son excretadas por la célula llamándose entonces exozimas. Tanto las

bacterias como las levaduras y hongos pueden excretar exozimas que se disuelven o depositan en el substrato nutritivo - confiriendole acción enzimática.

Múltiples acciones enzimáticas precisan que, aparte de la enzima, también este presente un activador, como lo son los iones magnesio.

Dos factores influyen en alto grado la acción enzimática, la temperatura y la concentración de iones hidrógeno.

La acción enzimática se ve favorecida por temperaturas comprendidas entre los 0° y 30°C, y se duplicará con cada aumento de temperatura de 10°C. Las enzimas tienen siempre una zona de temperatura en la que actúan mejor. Por encima de la temperatura óptima disminuye la acción hasta terminar en la zona comprendida entre los 70° y 100°C, ya que entonces las enzimas se han destruido en forma irreversible. Algunas enzimas son más termoresistentes que otras.

La acción enzimática también depende de la concentración de los iones hidrógeno del medio, y la acción de cada enzima es mayor en una zona determinada de pH, el intervalo de reacción en el cual se dan óptimos enzimáticos de pH esta muy extendido y abarca desde un pH de 1.2 hasta 9.0. En base a esto, los óptimos de algunas enzimas se encuentran en soluciones ácidas, mientras que otras actúan óptimamente en soluciones alcalinas.

En muchos casos se pueden cultivar las acciones enzimáticas mediante la adaptación a ciertos substratos. Cuando mediante métodos especiales de cultivo se logra producir en el microorganismo una enzima al parecer nueva para él, resulta dudoso si esta nueva enzima es verdaderamente nueva; más bien se debe suponer que ya estaba presente en cantidades muy pequeñas en el microorganismo y luego se activó debido a la composición del substrato. Tales enzimas se llaman adaptables, mientras que las que se encuentran independientemente del substrato nutritivo se denominan habituales.

La capacidad productora de enzimas de los microorganismos es de suma importancia práctica, ya que todos los procesos fermentativos dependen de las enzimas.

Hay seis grupos principales de enzimas:

1. Oxido-reductasas, actúan en reacciones de oxidoreducción; 2. Transferasas, transferencia de grupos funcionales; 3. Hidrolasas, actúan en reacciones de hidrólisis; 4. Liasas, rompen enlaces para reacciones de adición, actúan en los siguientes enlaces: doble ligadura; carbonilo y C=N-; 5. Isomerasas, actúan en las reacciones de isomerización, a este grupo pertenecen las racemasas; y 6. Ligasas, forman enlaces con ruptura de ATP.

La carboxilasa es la enzima más característica de la fermentación alcohólica.

El grupo Hidrolasas se puede dividir en grupos pequeños como son carbohidrasas, proteasas, esterasas y lipasas.

De las hidrolasas más importantes mencionaremos las siguientes invertasas (sacarasa, fructosidasa) que escinde la sacarosa en fructosa + glucosa, se encuentran en la mayoría de las especies de levaduras esporógenas. La invertasa es - además capaz de desdoblar la rafinosa en fructosa y melibiossa, la invertasa es una exozima.

La maltasa degrada la molécula de maltosa en dos moléculas de glucosa.

La lactasa desdobla la lactosa en glucosa y galactosa, se encuentra en pocas especies de levaduras.

La trehalasa degrada la trehalosa en glucosa y se encuentra en muchas levaduras.

La melibiasa escinde la melibiosa en glucosa y galactosa.

Entre las reductasas, la carboxilasa se encuentra en el complejo de zimasa completa de la levadura y cataliza el desdoblamiento del ácido pirúvico a acetaldehído y anhídrido carbónico durante la fermentación alcohólica. Otra enzima importante que participa en el proceso de la fermentación alcohólica es la enolasa. (2,4,6,12)

h) FERMENTACION ALCOHOLICA.

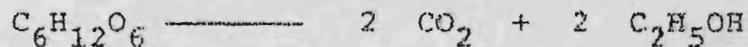
Los hidratos de carbono que se pueden fermentar, por lo general son aquellos que tienen 3 átomos de carbono o un múltiplo de los mismos. Los monosacaridos se pueden fermentar directamente mientras que los di, tri y polisacaridos tienen que ser hidrolisados a hexosas antes de ser fermentados.

Se conocen 4 hexosas fermentecibles que son: Glucosa, -- Fructosa, Manosa y Galactosa. Las tres primeras siempre son fermentecibles, mientras que la última solo puede ser fermentada por ciertas especies de levaduras.

Los disacaridos se transforman en hexosas por medio de hidrolasas que se encuentran en la levadura.

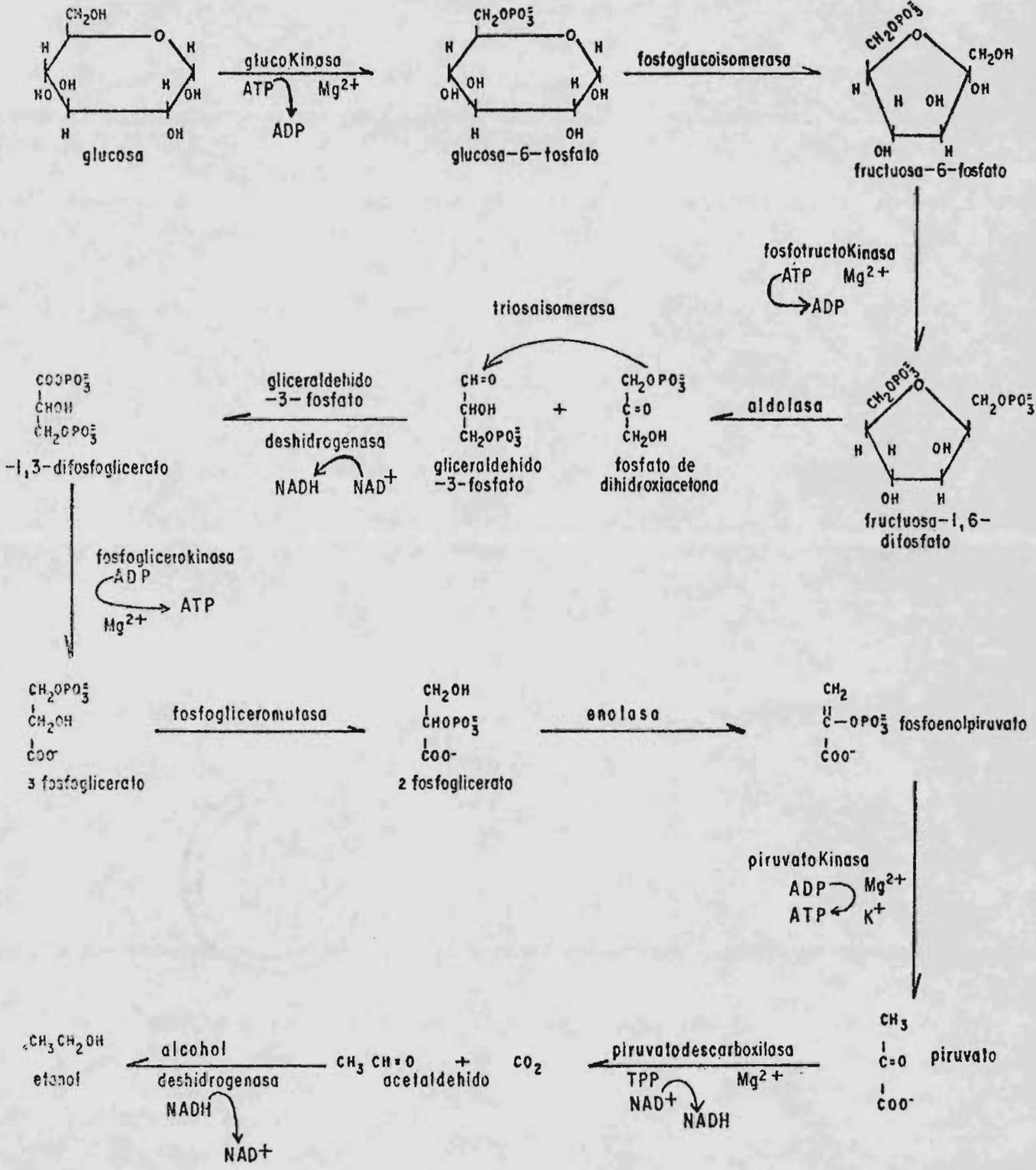
De los polisacaridos, el glucógeno puede ser fermentado en algunos casos por la levadura, a veces también la dextrina, pero casi nunca el almidon.

La ecuación de Gay Lussac indica que las hexosas son escindidas en partes ponderales, aproximadamente iguales de anhídrido carbónico y alcohol etílico, y solo indica el curso aproximado del proceso de fermentación.



La ruta enzimática de la Fermentación Alcohólica es la siguiente: (Tabla página 33)

NOTA: La fermentación alcohólica ha sido estudiada por varios autores que se seguirán mencionando en los siguientes párrafos hasta la página 37. (2,4,6,12)



La primera reacción (regulatoria o iniciadora) es la fosforilación de la D-glucosa por el ATP, que constituye la etapa iniciadora. Se fosforila en la posición 6 por medio del ATP (adenosin trifosfato), y se transforma en una molécula de carga negativa, ésta reacción es catalizada por dos tipos de enzima, las cuales difieren en su especificidad respecto al azúcar: la hexokinasa y la glucokinasa.

La hexokinasa es la enzima más importante y es empleada normalmente por la mayor parte de las células. Cataliza la fosforilación no solo de la D-glucosa, sino también de otras hexosas, por ejemplo: la D-fructosa, la D-manosa y la D-glucosamina. Posee una afinidad más elevada por las aldohexosas que por las cetohehexosas. La hexokinasa se encuentra en las levaduras.

Las dos enzimas (glucokinasa y hexokinasa) necesitan la intervención de un catión divalente Mg^{2+} ó Mn^{2+} , que se combinan en primer lugar con el ATP para formar el verdadero sustrato $MgATP^{\ominus}$ ó el $MnATP^{\ominus}$.

La gran disminución de energía libre estándar de la reacción de la hexokinasa, indica que no es una reacción reversible en las condiciones intracelulares.

La conversión de glucosa-6-fosfato en fructosa-6-fosfato es una isomerización catalizada por la enzima fosfoglucoisomerasa. La reacción es reversible.

La fosfoglucoisomerasa también necesita de los iones Mg^{2+} ó Mn^{2+} y es específica para ambos fosfatos de hexosa.

La fosforilación de fructosa-6-fosfato a fructosa-1,6-difosfato es la segunda reacción regulatoria. Una segunda molécula de ATP se invierte en fosforilar la fructosa-6-fosfato en la posición uno por la acción de la fosfofructokinasa (ATP: D-fructosa-6-fosfato-1-fosfotransferasa). Necesita el ion Mg^{2+}

La fosforilación de fructosa-6-fosfato constituye un punto de control importante en la secuencia de la fermentación alcohólica, la fosfofructokinasa es una enzima alostérica y reguladora.

El valor fuertemente negativo de la energía libre de esta reacción ($G^{\circ} = -3.4 \text{ Kcal/mol}$) indica que es irreversible en la célula. La mayoría de las enzimas reguladoras cataliza reacciones irreversibles.

La escisión de fructosa-1,6-difosfato a gliceraldehído-3-fosfato y fosfato de dihidroxiacetona es catalizada por la enzima aldolasa (D-fructosa-1,6-difosfato:D-gliceraldehído-3-liasa). Es una condensación aldólica reversible.

La aldolasa contiene grupos sulfihidrilos libres, algunos de los cuales son esenciales para la actividad catalítica. Necesita de iones metálicos divalentes específicos, habitualmente Zn^{2+} , Ca^{2+} ó Fe^{2+} , también requiere iones K^{+} .

Solamente uno de los dos fosfatos de triosa, el gliceraldehído-3-fosfato, puede ser directamente degradado en las reacciones posteriores de la fermentación alcohólica. El otro, el fosfato de dihidroxiacetona, se convierte reversiblemente en gliceraldehído-3-fosfato por acción de la enzima triosafosfatoisomerasa.

Con esta reacción se termina la primera parte de la fermentación alcohólica, en la que la molécula de glucosa se ha transformado mediante dos etapas de fosforilación seguidas por una escisión en dos moléculas de 3 carbonos.

En la segunda fase, se encuentran las etapas de fosforilación y de oxidación-reducción, mediante las cuales se genera el ATP.

La oxidación del gliceraldehído-3-fosfato, a 1,3-difosfoglicerato es una de las etapas más importantes de la secuencia fermentativa, ya que, conserva la energía de oxidación del grupo aldehído del gliceraldehído-3-fosfato, en forma de un fosfato de nivel energético alto, obtenido como producto de la oxidación del 1,3-difosfoglicerato.

La enzima que cataliza esta etapa es la gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa. En ésta reacción el grupo aldehído del gliceraldehído-3-fosfato resulta oxidado al nivel de un grupo

carboxilo. Sin embargo, en lugar de producir la reacción un ácido carboxílico libre, produce un anhidrido mixto de ácido fosfórico, y un grupo carboxilo del ácido 3-fosfoglicérico, el 1,3-difosfoglicerato, que es un compuesto fosfatado de alto nivel energético, que posee una energía libre estandar de hidrólisis más negativa que el ATP.

El otro componente importante de esta reacción es el agente oxidante, designado como NAD^+ , que acepta electrones del grupo aldehído del gliceraldehído-3-fosfato. La coenzima de oxidación-reducción Nicotinamida-Adenin-Dinucleótido, se representa por el simbolo NAD. Es un componente de la coenzima, la fracción termolábil necesaria para la fermentación alcohólica en los experimentos primitivos de Harden y Young.

Actua como transportador de electrones, desde el donador, el gliceraldehído-3-fosfato hasta piruvato, que se forma más tarde en la secuencia fermentativa.

El NAD^+ (forma oxidada de NAD) contiene un derivado de la piridina sustituida, cargada positivamente, la nicotinamida, y esta a su vez, deriva de la vitamina ácido nicotínico. Cuando el NAD^+ se reduce a NADH, se transfiere un ion hidruro ($:\text{H}^-$) desde la molécula del sustrato a la posición 4 del anillo de la nicotinamida, la cual lleva en último término, a la reducción en las posiciones 1 y 4. El otro átomo de hidrógeno del sustrato se cede al medio en forma de H^+ . Es una reacción reversible, donde la enzima necesita específicamente el NAD^+ como oxidante.

La transferencia de fosfato desde el 1,3-difosfoglicerato al ADP para formar el 3-fosfoglicerato, es una reacción catalizada por la fosfogliceratokinasa. Esta reacción es altamente exotermica formando ATP. Su energía libre es de -3.0 Kcal/mol.

La conversión del 3-fosfoglicerato en 2-fosfoglicerato es una reacción catalizada por la enzima fosfogliceromutasa. El ion Mg^{2+} es esencial para esta reacción, que implica la transferencia del grupo fosfato desde la posición 3 a la posición

dos del ácido glicérico. Puesto que la reacción se realiza - con solo una pequeña variación de energía libre estandar, resulta libremente reversible.

La deshidratación del 2-fosfoglicerato a fosfoenolpiruvato es la segunda reacción de la secuencia fermentativa en la que se produce un enlace fosfato de energía elevada. Es catalizada por la enzima enolasa, que necesita la presencia de - un cation divalente Mg^{2+} ó Mn^{2+} con la que se forma un complejo antes de unirse al sustrato.

La transferencia del fosfato desde el fosfoenolpiruvato al ADP para formar piruvato y ATP es catalizada por la enzima piruvatocinasa (ATP:piruvato-fosfotransferasa). Esta enzima necesita los iones Mg^{2+} ó Mn^{2+} con las cuales forma un -- complejo antes de unirse al sustrato. También necesita un catión alcalino, que puede ser K^+ , Rb^+ ó Cs^+ ; el K^+ , es por su puesto, el activador de la reacción, la cual es muy exotermica e irreversible. Es la tercera reacción regulatoria.

La descarboxilación del piruvato para formar acetaldehído y CO_2 es catalizada por la enzima piruvato descarboxilasa. Ésta enzima necesita Mg^{2+} y posee una coenzima intimamente - unida, el pirofostato de tiamina (TPP), que es el ester pirofosforico de la tiamina.

En la etapa final de la fermentación alcohólica el acetaldehído se reduce a etanol, y el potencial de reducción es proporcionado por el $NADH + H^+$ en una reacción catalizada por la enzima alcohol deshidrogenasa.

Por lo tanto, el Etanol y el CO_2 constituyen los productos finales de la fermentación alcohólica, obteniendose la - ecuación:



i) INFLUENCIA DE LOS FACTORES FISICOQUIMICOS SOBRE LA LEVADURA.

Como consecuencia de los cambios fisicoquímicos que sufre el mosto en la fermentación, la levadura se ve expuesta

a transiciones que afectan en mayor o en menor grado su desenvolvimiento a medida que la cantidad de azúcar transformada aumenta.

Los principales factores son:

Influencia de la luz.-

Se ha visto que los procesos reproductores no son influenciados por la iluminación débil, pero sufren una inhibición por medio de la luz diurna difusa. En la luz diurna o a la luz eléctrica las células de *Saccharomyces cereviceae* y *Saccharomyces ludwigii* sólo se multiplican a la mitad de la intensidad y a la obscuridad.

La luz azul es la que parece retardar la reproducción, mientras que la luz roja hace que las células se multipliquen a la misma o mayor velocidad que en la obscuridad.

Además se ha observado que por acción de los rayos ultravioleta el desarrollo de las células en una cámara húmeda sufre una inhibición, que ya se nota a los 10 segundos y cesa por completo a cabo de 3 minutos.

Parece ser que la luz ultravioleta y los Rayos X pueden producir mutaciones en las células de levaduras. Por esta razón, nunca se debe utilizar una lampara esterilizante u otro aparato semejante al trabajar con células de levaduras.

Influencia de la Temperatura.-

La temperatura posee una gran influencia en el desarrollo de las levaduras, así como en su comportamiento durante la fermentación, además de diferenciar la actividad de las levaduras.

La temperatura mínima para el crecimiento es la mayoría de las veces alrededor de 0°C, sin embargo para algunas especies puede ser más alto, arriba de 5°C. No obstante el crecimiento abajo de cero es reportado ocasionalmente.

La temperatura óptima en la mayoría de los casos es alrededor de 25°C, pero varía de acuerdo a la especie.

En la tabla siguiente se enlistan los diversos parámetros

de temperatura con respecto al crecimiento de un número representativo de especies, recopiladas de datos experimentales de diversos investigadores y autores:

Temperaturas Mínima, Máxima y Óptima para el crecimiento de levaduras.

LEVADURA	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Óptimo (°C)
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	0	33.5	25
<i>Saccharomyces c. Var. Ellipsoideus</i>	0.5	40-42	30-35
<i>Saccharomyces marxianus</i>	0.5	46-47	---
<i>Hansenula suaveolens</i>	3.0	30-35	30
<i>Kloesckera apiculata</i>	3.0	35	30

Puntos de Muerte Térmica.-

La temperatura letal para la mayoría de las levaduras se encuentra alrededor de 50°-60°C, destruyéndose al cabo de 5 minutos.

Influencia de la concentración de los iones Hidrógeno.-

El crecimiento y la fermentación de la levadura dependen en alto grado de la reacción del medio nutritivo.

Las levaduras pertenecen a los microorganismos acidófilos.

Al cultivar la levadura en soluciones nutritivas sintéticas ricas en tampón, que habían sido ajustadas a varios valores de pH, se encontró que el pH óptimo para el crecimiento de *Saccharomyces cereviceae*, Var. *Ellipsoideus*, se encontraba entre 4.4 y 4.8.

Influencia del Oxígeno.-

El oxígeno es esencial para la vida y el desenvolvimiento de la levadura. Proporciona el oxígeno necesario para la levadura el aire que se encuentra disuelto en el mosto.

Es en la primera etapa de la fermentación cuando más utiliza oxígeno la levadura, pues la mayor parte de sus energías las consume en reproducirse.

En un medio aereado, y con la temperatura adecuada, en pocas horas, el reducido número de levaduras introducidas en el

mosto, se habra multiplicado en cantidad suficiente para dominar entre las especies rivales el tipo de fermentación.

Influencia del Alcohol.-

El alcohol ejerce un poderoso poder antiséptico sobre la generalidad de la flora microogánica que concurre en el mosto, inclusive la propia levadura.

Esa propiedad desempeña un papel fundamental en la normalización del proceso fermentativo, por ser la levadura considerablemente más resistente a su acción.

El límite de tolerancia de la levadura al alcohol, depende de diversos factores, los cuales actúan asociados en la fermentación.

Los factores que pueden acentuar la acción antiséptica del alcohol, ó bien, disminuir la capacidad alcoholífera de las levaduras, son, en primer término, la temperatura. Si esta alcanza límites inconvenientes, se afectan las aptitudes fisiológicas.

Los ácidos volátiles inciden igualmente, en la capacidad alcoholífera de la levadura. Los que integran la acidez volátil normal, o sea el ácido acético y el propíonico, no ejercen acción apreciable en las propiedades de la levadura, no así, el fórmico; butírico; valeriánico; caprílico; etc., producidos más propiamente por los microorganismos patógenos y también por la levadura en medios térmicos inconvenientemente elevados.

Influencia del Anhídrido Carbónico.-

La acción del anhídrido carbónico es muy beneficiosa en cuanto contribuye a dificultar las actividades de los microorganismos aerobios inconvenientes, y en particular las que desarrollan los mohos.

Aunque no se atribuya al gas carbónico acción apreciable sobre las funciones de la levadura, contribuye en la fermentación manteniendo en agitación la masa, con lo que facilita

la mejor distribución de los fermentos y de sus principios - diastásicos.

Se explica su atenuada acción sobre la levadura, por la circunstancia de que, el anhídrido carbónico, debido a su gran tensión, se dispersa en el ambiente, evitando que su concentración en la masa pueda afectarla. De ahí la necesidad de recurrir a determinadas razas de levadura, con alta resistencia a los medios sobresaturados de anhídrido carbónico, y a las altas presiones. (4,8,9,18,19,20,21,22,24,27)

CAPITULO III

* DESCRIPCION DEL PROCESO DEL TEQUILA ACTUALIZADO *

La actualización en el proceso de elaboración del Tequila se ha desarrollado prácticamente de acuerdo a los problemas - que se han presentado a través del tiempo, y a medida del incremento de la producción y el comercio, tanto interior como el comercio internacional, requiriéndose una optimización del mismo.

Para actualizar el proceso de elaboración del tequila, es necesario aplicar los nuevos procedimientos establecidos dentro de las industrias de la fermentación y destilación, así - como aprovechar los equipos y controles modernos que se utilizan en la actualidad.

Es necesario considerar la importancia fundamental de conservar el sabor característico del tequila, lo que impide introducir, sin afectarlo, ciertos adelantos e innovaciones en Destilación.

Resumiendo, el proceso de elaboración del tequila se puede dividir en cuatro grandes pasos que son: COCCION, MOLIENDA, FERMENTACION Y DESTILACION.

a) COCCION DEL AGAVE

El fin primordial de este paso, es el que la máxima cantidad de la Inulina presente en las piñas del *Agave tequilana*, - se inviertan convirtiéndose en Fructuosa, la cuál es atacada - por las levaduras reduciéndola a alcohol etílico.

Esta operación empieza al ser descargadas las piñas del - *Agave tequilana* en los patios, donde se les reduce de tamaño para facilitar el acomodo en el interior del autoclave, tener un cocimiento homogéneo y mejor aprovechamiento de los azúcares.

La reducción del tamaño de las piñas del *Agave tequilana*, se lleva a cabo de una manera manual, utilizándose un hacha ó una sierra para partirlas a la mitad, ó en fracciones menores, quedando dimensiones con una mayor maniabilidad.

Las autoclaves son recipientes a presión, con cierre hermético, permitiendo que el cocimiento sea más homogéneo y en el menor tiempo que el utilizado en los hornos, aprovechándose más el calor proporcionado por el vapor de alimentación.

Estos recipientes son de forma cilíndrica, provistos de compuertas en las bases, con el fin de cargar y descargar con mayor facilidad.

Son construídos de Acero al Carbón, y poseen un recubrimiento interior con pintura epóxica para evitar la corrosión.

Los Autoclaves pueden funcionar en dos posiciones; Vertical y Horizontalmente, dependiendo del espacio disponible en la fábrica y variando únicamente la forma de alimentación de las piñas, así como su descarga.

La capacidad y la eficiencia permanecerán constantes.

Hay varios tipos de autoclaves, diferenciándose por la manera en que se transmite el calor.

El autoclave seleccionado, es del tipo de contacto directo del vapor con las piñas. Para estos casos, el agua utilizada para alimentar la caldera tiene un pH controlado, y el tratamiento que se le aplica con el fin de preservar la corrosión y las incrustaciones sitúan al agua con un pH ligeramente alcalino.

El vapor utilizado para el cocimiento de las piñas de *Agave Tequilana* es alimentado al autoclave con una presión de 2 Kg/cm^2 durante 6 horas. En este lapso, la presión dentro del autoclave es homogénea e igual a la de la entrada del vapor, y se mantiene constante las siguientes 6 horas, ya sin alimentar vapor.

Durante este lapso de 12 horas, las piñas del Agave sufren la transformación de los azúcares que contienen, soltando a la vez, un líquido denso al que se le denomina "Mieles de Horno", las cuales poseen un sabor amargo, debido a que les falta cocimiento para realizar la conversión de los azúcares.

Al terminar el cocimiento, se dejan reposar las piñas del *Agave Tequilana* aún dentro del autoclave durante un par

de horas, y al término de este tiempo, las "mieles de horno" se desalojan del autoclave mediante una tubería provista de una válvula colocada en la parte inferior, depositándose en una cisterna, la que, para fines prácticos, se encuentra colocada debajo del nivel del piso.

Ya una vez almacenadas las mieles, se procede a determinar el grado de cocimiento de las piñas del Agave mediante el análisis de los azúcares reductores que posee al salir del autoclave, y se comparan los resultados con los obtenidos al hacer la inversión con el HCl a las piñas del Agave crudas. Estos últimos son considerados el 100% de conversión.

Al efectuarse un nuevo cocimiento, se le agrega la "miel de hornos" al autoclave, con el fin de darles un segundo cocimiento, además de que éstas actúan como un cuerpo distribuidor de calor.

Al utilizarse las mieles de horno como cuerpo distribuidor, se está aprovechando el calor que guardan al salir del autoclave del cocimiento anterior, así mismo, toda la miel de hornos recibe el segundo cocimiento que necesita, para después mezclarse con el jugo del Agave obtenido durante la molienda.

El tiempo de cocimiento puede variar de acuerdo a la temporada del año, y también a la variedad de Agave utilizado.

Influye el tiempo de cocimiento y la variedad de Agave, que mientras más fibra contenga, más prolongado será el tiempo de cocimiento.

La variedad de *Agave tequilana* denominada Alteña, es la que proporciona una mayor cantidad de azúcares, además de poseer una menor cantidad de fibras, por lo que también su tiempo de cocimiento es menor.

Ya terminado el cocimiento, las piñas del Agave son descargadas mediante transportadores, siguiendo la secuencia del proceso que es la Molienda.

b) MOLIENDA.

La molienda consiste en dos pasos: Desmenuzado y Expresión, los que se describen enseguida,

Desmenuzado: Se lleva a cabo por medio de una máquina, la cual reduce el tamaño del Agave, previamente cocido, a fibras.

El tipo de desmenuzadora utilizada consta de un rotor central con cuchillas colocadas uniformemente en la periferia (7 u 8), de manera que corten contra otras cuchillas -- (4 ó 5) fijas en la mitad superior del cilindro.

Unas placas, fácilmente desmontables, colocadas entre las cuchillas fijas permiten el acceso inmediato a ellas y al interior de la máquina para limpieza y ajuste.

El material de que se constituye la máquina es de acero inoxidable, a excepción del rotor, que es de acero al carbón.

La mitad inferior del cilindro es una criba semicircular de una pieza, y es al final de ésta criba donde se sitúa la salida del Agave reducido de tamaño, que se va depositando sobre una banda que lo conduce directamente a los molinos.

Expresión: Se realiza mediante un tren de cuatro molinos, obteniéndose aquí el jugo del Agave *tequilana*.

(Los molinos son de los denominados continuos, de rodillos) que consisten en tres rodillos dispuestos triangularmente como en la industria azucarera: El denominado maza mayor, dispuesto sobre los otros dos, y presionando sobre ambos por la acción de émbolos hidráulicos que obran en cada uno de los extremos del molino.

El material con que se construyen los rodillos: piedra o hierro fundido.

El rayado utilizado en las mazas de los molinos puede ser de dos tipos: a).- Tipo Krajewsky el cuál está ranurado en zig-zag en sentido longitudinal., b).- Tipo Fulton: Consta de dientes en forma circular o radial, con separación entre las puntas de la V de 2 ó 3 pulgadas. Generalmente se utiliza una combinación de los dos tipos.

Sobre el rodillo superior está colocado un tubo dispersor de agua, la que da directamente sobre el Agave que se esta exprimiendo, para facilitar la extracción de una mayor -- cantidad de azúcares, a este proceso se le conoce con el monbre de Maceración, y es, el equivalente a una extracción con disolventes, ó una lixiviación del Agave combinada con la expresión en los molinos (imbibición).

La expresión que se obtiene es de aproximadamente 94-98% de los azúcares contenidos.

El agua que se utiliza, llamada de maceración ó de imbibición, no tiene una medida definida, sino que va variando de acuerdo con la concentración de los azúcares en el Agave, y se le agrega en mayor o menor cantidad para ajustar un jugo -- que al final tenga 12° a 14° Bx.

La determinación de la cantidad óptima de agua de maceración, puede ser conocida mediante el análisis de azúcares reductores presentes en el bagazo del último molino, el cual debe ser menor al 5 %.

El tren de molinos está montado sobre un canal receptor de jugos, que los conduce al tanque colector, situado después del último molino, y colocado a desnivel para aprovechar la fuerza de gravedad.

El canal receptor es de aproximadamente un metro de ancho, y con una profundidad de 15 a 20 cm. Las paredes están recubiertas de azulejos, para permitir una limpieza más eficiente y evitar cultivos patógenos. Además de que, manualmente, se agitan con los jugos conducidos, para evitar que el -- bagazo del Agave presente se amontone en un solo sitio.

Al llegar al tanque colector, el bagazo es retenido por medio de una malla colocada en la entrada. La malla es de cobre o de acero inoxidable, y es removible. El bagazo retenido se lleva al último molino, para exprimirlo y recuperar los -- azúcares absorbidos durante el contacto con el jugo.

El tanque colector esta construido de acero inoxidable o de mampostería recubierto en sus paredes por fibra de vidrío, lo que permite lavarlo perfectamente y prevenir el de-

sarrollo de bacterias, las cuales bajan el rendimiento.

En una tina o tanque similar al tanque colector, se realiza la formulación ó ajuste de los azúcares. Este ajuste es hecho mediante la combinación de una solución altamente concentrada de azúcares, con el jugo obtenido en la expresión y las mieles de horno.

La solución concentrada de azúcares se hace en un pequeño tanque, en el que se deposita azúcar mascabado y se le agrega agua, en caso de ser necesario. Para que el azúcar se disuelva completamente, se le añade calor a la solución mediante la introducción de una línea de vapor al tanque, homogeneizándose la solución mediante la agitación proporcionada por el mismo vapor.

Al ajustar la solución, compuesta por la mezcla del jugo del Agave y las mieles de horno, con la solución concentrada de azúcares, obtenemos los grados Brix deseados para fermentar.

La composición de los azúcares presentes en el mosto, deben de estar dentro de los límites impuestos por la Dirección General de Normas, los que son: 51% de azúcares provenientes del *Agave tequilana* Weber Variedad Azul como mínimo, y el 49% de azúcares ajenos al Agave, como máximo.

Los azúcares ajenos al Agave también pueden provenir del piloncillo, pero por datos obtenidos por Industria Tequilera, el valor del piloncillo es mayor. Al hacer un análisis de impurezas contenidas en él, se comprobó que, por la cantidad de impurezas que contiene, aporta una menor cantidad de azúcares, por un precio semejante. Además la distribución comercial de piloncillo es irregular, no asegurándose existencias en bodegas para repartir durante todo el año.

El ajuste de la concentración de azúcares en el mosto, se puede hacer mediante la relación del volumen de solución que se agrega, considerando que dicha solución tiene una concentración de 80°Bx.

La relación es la siguiente:

$$\text{Vol. Az. Mas.} = \frac{(\text{°Bx deseado} - \text{°Bx de la mezcla}) \times \text{Vol. del mosto}}{80\text{°Bx} - \text{°Bx deseado}}$$

La transformación de los azúcares presentes se lleva a cabo durante la fermentación, por medio de las levaduras.

Una concentración aconsejable, en base a una transformación completa de azúcares, es de 18°Bx, aunque la mayoría de las fábricas trabajan con concentraciones menores.

Dentro de la etapa de la molienda, se incluye el estudio de la conversión de azúcares presentes en el Agave del tequila.

De los rendimientos teóricos podemos obtener la relación de conversión y eficiencia necesaria para que la fábrica obtenga un rendimiento costeable comercialmente.

Teóricamente, para obtener un litro de tequila a 55°GL se requeriría fermentar 19 g. de azúcar para obtener un grado G.L. lo que significa 990 g. de azúcar para obtener los 55°G.L. del tequila. Si tomamos en cuenta que el rendimiento es de 95% necesitaríamos 1,100 g. de azúcar.

El *Agave tequilana* Weber, sembrado en la región de Los Altos, tiene un rendimiento del 24% de azúcares expresados como Inulina o sea, el 19.4% de Azúcares Reductores Totales, después de hacerle la hidrólisis térmica para transformarlos en Sacarosa. (16)

c) FERMENTACION

Una vez que el mosto se hace tomando en cuenta los límites establecidos por la Dirección General de Normas.

Previsto por un estudio económico, lo general es cargar el Mosto con una relación de azúcares denominada 49-51. Donde el significado es 49% de azúcares proporcionados por el azúcar mascabado, y el 51% es obtenido del *Agave tequilana* - Weber, Variedad Azul.

La relación de 49% de Azúcares que son proporcionados - por el azúcar mascabado, (el cual posee 950 g. de azúcar/Kg. o sea, el 95% de azúcares), es de 564.9 g/l de tequila a 55°GL que equivale a 538 g. de Azúcar/l. de tequila a 55°G.L.

El Agave proporciona los 560 g. de azúcar/l. de Tequila a 55°G.L. restantes, para completar los 1,098 g. de Azúcar/l. de tequila a 55°G.L.

La base de la Fermentación consiste en, mediante levaduras seleccionadas de antemano, transformar los Azúcares presentes en el mosto en Alcohol Etilico y Anhídrido Carbónico.

El desarrollo de las levaduras seleccionadas es mediante cultivos continuos, lo que nos proporcionará un alto rendimiento, dentro de los límites generales de la fermentación -- alcohólica y un mejor control de la misma.

El cultivo continuo se lleva a cabo, partiendo de la selección de levaduras obtenidas del mosto utilizado en la fábrica y propagado en un mosto estéril.

Para un mejor desarrollo de las levaduras, a este mosto estéril se le añade una serie de nutrientes en cantidades diversas.

Los nutrientes son:

Sulfato de Amonio en la proporción 1 g/l.

Fosfato de Amonio en la proporción 2 g/l.

Yistex en la proporción 1 g/l.

El Yistex es un producto comercial compuesto de Cloruro de Potasio; Sulfato de Zinc; Urea; Fosfato de Amonio; Fosfato de Potasio y Glucosa.

Transcurridas 24 horas de haberse sembrado la levadura, se traslada a un recipiente aproximadamente diez veces mayor en su capacidad, donde se mezcla con más mosto nuevo, para -- que, tengan mayor sustrato las levaduras para su desarrollo.

Después de 24 horas más, el cultivo realizado hasta ahora, se pasa a los tanques de levadura para finalizar su desarrollo.

En éstos tanques, al cultivo se le agrega Mosto estéril para llenar su capacidad, la cuál es aproximadamente 10 veces mayor a la cantidad de levaduras propagadas en el medio de -- cultivo anterior, y se deja que se desarrollen durante el transcurso de 24 horas más, para posteriormente distribuirse a los tanques de fermentación.

A este último mosto se le denomina "Pie de Cuba".

Los tanques propagadores utilizados para el desarrollo de la levadura son construidos de Acero Inoxidable, y las capacidades de éstos tanques es de 50, 500 y 5000 litros sucesivamente.

El mosto estéril es proporcionado por un autoclave, el cual se puede usar como tanque propagador de pequeña capacidad, ya que, por lo general, la capacidad del Autoclave no es mayor de 1,000 litros.

Dentro de los cuidados que se tienen durante la propagación de la levadura, está la del control de la temperatura, la que no puede sobrepasar los 34°C. Otro control aplicado es el rango del pH, el cual se ajusta entre 3.5 y 4.5.

La población promedio que se obtiene al finalizar la propagación es de 120×10^6 microorganismos/ml.

Para efectuarse la fermentación en las tinas, se le agrega el 10% del volumen del mosto a fermentar, de "Pie de Cuba".

Añadido el "pie de Cuba" a las tinas de fermentación, el proceso se inicia de inmediato. Para obtener un mejor rendimiento de la levadura, se le agrega nutrientes al mosto que se está fermentando.

Los nutrientes que se le añaden y sus proporciones son:

Sulfato de Amonio 150 mg/l

Sulfato de Magnesio 50 mg/l

Fosfato de Magnesio 250 mg/l

Bifloruro de Amonio 150 mg/l (siempre que previa

mente este aclimatada la levadura).

Este último sirve también como antiséptico, para evitar el desarrollo de otras formas de fermentación que no sea la alcohólica.

La fermentación se efectúa en tanques de Acero Inoxidable, que por su consistencia, permite un mayor control de la temperatura por medio de contacto exterior, y también una mejor limpieza.

Optativamente, la capacidad de estos tanques es de --- 30,000 l. del tipo cilíndrico y con tapas toriesféricas, provistas de una abertura o boca, para desalojar el Anhídrido - Carbónico y los demás gases que se producen durante la fermentación del Mosto fresco.

También se puede llevar a cabo la fermentación en depó-
sitos de cemento vitrificado en su interior o con recubri-
miento interno de fibra de vidrio.

Aunque los tanques de Acero Inoxidable, de acabado sa-
nitario, son de mayor costo, las ventajas que se presentan -
en el control de la temperatura durante la fermentación, --
aparte de su facilidad de limpieza, los hacen más adecuados.

En cambio, los depósitos de cemento necesitan un en-
friador de mosto para controlar la temperatura.

El enfriador que se utiliza en los tanques de fermen-
tación de Acero, ya sea Inoxidable o al Carbón, es un rocia-
dor, o sea un tubo en forma de anillo dispuesto alrededor de
los tanques, con un diámetro de 3 in. por donde circula el -
agua.

Trabaja rociando las paredes del tanque con agua, la -
que, por tener una temperatura menor, absorbe el calor que -
se transfiere fácilmente por las paredes de acero. El agua -
se recoge en la base de los tanques mediante un canal adheri-
do, y se vuelve al depósito ó a la torre de enfriamiento pa-
ra volverse a utilizar.

La tubería utilizada para construir el rociador puede
ser de Acero al Carbón, o de plástico. El valor es mucho me-
nor que el que tienen los enfriamostos.

La resistencia del material también es favorable al Acero Inoxidable, ya que es más durable que las tinas de cemento recubiertas, y el costo de mantenimiento es menor.

El ciclo de fermentación varía de 40 a 50 horas, dependiendo de la concentración de azúcares a que se carga el mosto, puesto que las levaduras tardarán más tiempo en transformar una mayor cantidad de azúcares en alcoholes.

Cuando las levaduras terminan su proceso de transformar los azúcares, o por otras causas mueren, es cuando al mosto se le denomina Mosto Muerto. Una buena fermentación se logra cuando las levaduras reducen a los azúcares presentes por completo, y su concentración final es de 0°Bx.

La riqueza alcohólica de un mosto muerto debe ser mayor al 50% del valor de la concentración de azúcares, en °Bx, al iniciarse la fermentación.

Una vez obtenido el mosto muerto, se deja reposar durante 24 horas para que, los restos de azúcares, sean transformados por las últimas levaduras existentes en él.

Como la temperatura influye en el rendimiento de la riqueza alcohólica, es aconsejable que durante el verano se -- "cargue" a una menor concentración de azúcares, que la utilizada en época de invierno.

La Sala de Fermentación tiene que estar orientada, de -- tal manera que no sea muy caliente en el verano. Además, debe estar bien ventilada para desalojar los gases durante la fermentación.

La limpieza de los tanques o tinas de fermentación se -- lleva a cabo mediante la inyección de vapor, y un tallado con escobillas.

Para la inyección de vapor, los tanques son tapados o -- cerradas en sus bocas por una tapa estandar.

Cabe añadir que, cuando se utiliza azúcar mascabado, se produce una mayor cantidad de espuma en la fermentación, que -- si se utiliza piloncillo.

Ya reposado el mosto muerto está listo para el proceso de Destilación, que es el siguiente paso.(2,3,6,11,26)

d) DESTILACION ***

La última operación que se efectúa en el proceso de elaboración del tequila, es la Destilación.

A diferencia de otros tipos de aguardientes, los que se obtienen mediante un proceso de destilación continua, el tequila tradicionalmente es obtenido mediante una operación de destilación discontinua ó intermitente. De esta manera, adquiere ciertas propiedades organolépticas, que le permiten distinguirse entre los demás aguardientes.

La destilación se puede llevar a cabo en cualquier tipo de alambique, su tamaño y la composición del material con que están diseñados difieren de acuerdo al tiempo de construcción y a las necesidades de la fábrica. (3)

Actualmente se ha desplazado al Cobre como el material base para la construcción de alambiques, utilizándose el Acero Inoxidable, que presenta mayor resistencia y ventajas en su operación.

La operación de destilación consiste de una manera específica en separar el Alcohol Etilico, mezclado con ciertas -- sustancias, presentes en el mosto muerto, aprovechando sus -- propiedades fisicoquímicas de poseer un bajo punto de ebullición.

La destilación es iniciada al "cargar" o llenar la olla del alambique con el mosto muerto proveniente del tanque ca-- lientavinos. Una vez terminada de llenar la olla del alambi-- que, se le transfiere calor al mosto mediante vapor, producién-- dose la vaporización de los diferentes compuestos que integran al mosto.

Los vapores se extraen de manera continua, a medida que se van formando, sin permitir que se forme una condensación -- parcial de los mismos, es decir, sin que el condensado refluya al aparato.

Para efectuar el proceso de destilación del mosto muerto, se utilizan dos alambiques. Al primero que se utiliza se le denomina alambique Destrozador, y al siguiente Alambique utilizado se le denomina Alambique Refinador.

La finalidad del primer alambique es la de separar el Alcohol Etilico del mosto muerto, el segundo alambique realiza una separación más completa, lo que dá origen a una mayor concentración de Alcohol Etilico en el destilado.

El destilado obtenido consta de tres partes o fracciones, que se denominan: Cabeza, Corazón o Buen Gusto y Colas.

Se denominan Cabezas a la primera fracción que se obtiene al destilar el mosto. Es la parte que posee el menor punto de ebullición. Por lo general contiene Acetaldehido; Acetatos de Metilo y Etilo; Metanol y un pequeño porcentaje de Alcohol Etilico. Presenta un aspecto de líquido turbio.

El Corazón o Buen Gusto, es la parte media de la destilación. En esta parte se encuentra el Alcohol Etilico, y por lo general es la parte más clara y transparente del destilado.

Las Colas son la última fracción que se recoge del destilado. En su mayoría estan constituidas por agua y Alcoholes Superiores. Su apariencia es un poco turbia. Por lo general - ésta fracción no llega a destilarse, separándose directamente.

A partir de estas denominaciones, se pueden especificar las diferentes partes del destilado.

En la destilación del Alambique Destrozador, el Corazón del destilado se le conoce con el nombre de "Ordinario". Esta fracción es la que se encuentra comprendida en un rango de riqueza alcohólica de 30° a 53°G.L., a una temperatura de 36°C.

En la destilación del segundo alambique, el Corazón del destilado es el Tequila. Está comprendido entre los límites de riqueza Alcohólica de 18° a 78°G.L., referidos a 15°C.

Al mezclarse toda fracción del destilado, se obtiene una riqueza alcohólica promedio un poco superior a los 55°G.L.

El proceso de destilación se desarrolla de la siguiente forma: Al terminarse el tiempo de reposo del mosto muerto,

éste se transfiere al tanque Calientavinos o tanque precalentador, el cual es utilizado para aumentarle la temperatura al mosto, con el fin de que la diferencia de temperatura sea menor al efectuarse la destilación, a la vez, que el tiempo disminuya.

El calor que le es transferido al mosto en el tanque Calientavinos proviene del "agua de enfriamiento" de los condensadores.

El "agua de enfriamiento" es el agua utilizada para condensar los vapores formados en los alambiques. Posee el calor que les transfiere los vapores al condensarse.

El tanque calientavinos está construido de Acero Inoxidable y provisto de un serpentín situado en el fondo, por cuyo interior fluye el "agua de enfriamiento".

Ya precalentado el mosto muerto, se pasa al Alambique Destrozador para efectuar la primera destilación.

El Alambique Destrozador opera a una temperatura de 110°C , y a una presión aproximada de 2 Kg/cm^2 , tardando en destilar una carga aproximadamente dos horas.

La primera fracción que se obtiene, "Las Cabezas", se recirculan al tanque precalentador. La cantidad de Cabezas son alrededor del 1% del volumen destilado.

La segunda fracción obtenida es el "Ordinario", el cuál es almacenado en un tanque especial. El Ordinario se obtiene con una riqueza alcohólica promedio de 32°G.L .

Los residuos de la destilación, son recirculados al tanque precalentador, una vez que se ha terminado de separar el Ordinario, para aprovechar la riqueza alcohólica que poseen. Separándose el Ordinario, se suspende la alimentación de vapor al alambique.

El tanque de Ordinarios tiene la finalidad de agrupar todo el Ordinario obtenido en diferentes cargas del alambique, para ajustar una carga del Alambique Refinador.

Las condiciones de trabajo del Alambique Refinador son

menos drásticas, puesto que, teniendo la misma capacidad de trabajo, utiliza una temperatura menor para evaporar, y una presión menor, la destilación es menos agitada, y su duración es aproximadamente de 3 horas.

La separación de las distintas partes del destilado son similares a las del primer alambique. La primera fracción se recircula a los tanques de precalentado. La segunda fracción, la cual es el Tequila Refinado, se lleva a un tanque de almacenamiento para una distribución posterior.

La tercera fracción, las Colas, se divide en dos partes: la que está comprendida entre los 8° y 18° G.L. de riqueza alcohólica, la que se recircula al tanque precalentador, y la parte que tiene una riqueza alcohólica menor de 8° G.L. la que no llega a destilarse, desalojándola directamente del alambique.

Cada marca de tequila tiene diferentes concentraciones de Aldehídos, Esteres, Metanol y Alcoholes Superiores debido a que el corte de Cabezas y Colas difieren, también las condiciones de operación.

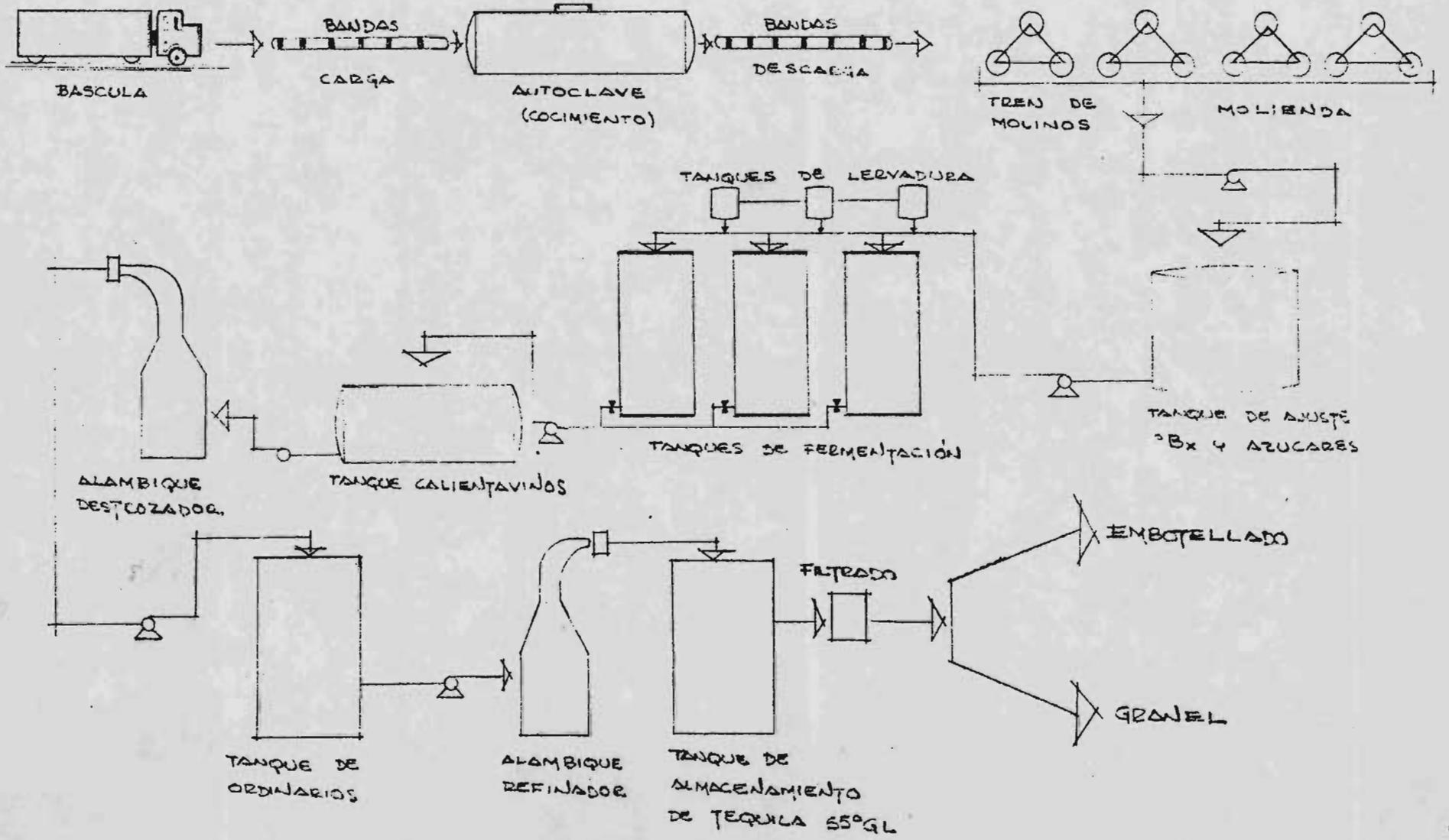
Los alambiques son construídos de Acero Inoxidable, constan de dos partes principales, el cuerpo cilíndrico donde esta la olla y la parte superior denominada cuello.

La superficie de transmisión de calor necesario para la destilación, está dada por una serie de pequeños cilindros dispuestos en forma alternada impidiendo que existan zonas sin calentamiento. Su altura está limitada por la cantidad de Colas, las cuales los tienen que cubrir en más de un ochenta por ciento. Todos los cilindros están conectados a la entrada del vapor, por lo que las pérdidas de calor por condensación son pequeñas.

De una manera global, el porcentaje de conversión del Mosto muerto a tequila se puede calcular mediante la siguiente relación:

$$\text{CANTIDAD DE TEQUILA} = \frac{\text{Volumen del Mosto Muerto} \times \text{Riqueza Alcohólica} \times 96}{\text{Grado Alcohólico del Tequila en } ^\circ\text{G.L.}}$$

DIAGRAMA DE FLUJO



CAPITULO IV
CONTROL QUIMICO

a). TECNICAS USADAS PARA LAS DIFERENTES DETERMINACIONES
DEL TEQUILA. METODO OFICIAL.

1.- Determinación del por ciento del Alcohol en volumen.

(DGN - V - 13-1970)

Procedimiento:

200 ml de la muestra medidos a 20°C, se transfieren -
cuantitativamente con 40 ml de agua a un matraz de destila-
ción, el cual debe estar conectado a un refrigerante, cuya
extremidad inferior debe terminar en un tubo con la punta -
cortada a bisel y descargando en un matraz aforado de 200 ml,
en el que se pone un poco de agua para que el destilado bor-
botée y se eviten pérdidas por falta de condensación. Se -
suspende la ebullición cerca del afores del matraz, se afora
con agua a la misma temperatura a la cual se midió la muestra,
se mezcla, se vacía el contenido del matraz aforado en la -
probeta y se coloca el alcoholímetro dentro del líquido.

Cálculos y resultados.

Se toma la lectura, la cual debe corregirse si -
la muestra está a una temperatura diferente de 15°C usando
para ello la tabla de corrección, obteniéndose en esta forma
el por ciento de alcohol en volumen.

2.- Determinación de Azúcar, previa inversión, en bebidas -

alcohólicas. (DGN - V - 6-1970)

Procedimiento:

Se toman 100 ml de muestra en un vaso de pp, y se evaporan casi a sequedad en baño maría. Se recuperan con 25 ml - de agua y se transfieren a un matraz Erlenmeyer de 300 a 400 ml, cuidando que el volúmen total no exceda de 100 ml.

Se agregan, mientras se agita, 10 ml de ácido clorhídrico, se calienta en baño maría a 60°C durante 10 min. Se enfría a temperatura ambiente, se neutraliza y se afora a 100 ml.

Se efectúa la titulación por el método diferencial agregando a la solución problema 10 ml de solución de Fehlin (modificación Soxhlet) y solución tipo azúcar invertida en cantidad menor a 1 ml de la necesaria para reducir el Cobre.

En adelante se procede de acuerdo a lo indicado para la estandarización del Fehling. Se hace una prueba en blanco de titulación en las mismas condiciones. La diferencia entre el blanco y el problema es equivalente al contenido - de azúcar en el problema.

Cálculos y Resultados.

Los cálculos se efectuarán por medio de la siguiente expresión:

$$A = \frac{(V_b - V_p) f \times 100}{M}$$

En donde:

A = mg de Azúcar en 100 ml de muestra

V_b = ml de solución tipo de Azúcar gastados en el Bco.

V_p = ml de solución tipo de Azúcar gastados en el Prob.

f = concentración de la solución tipo de Azúcar mg/ml.

M = ml de muestra tomada.

3.- Determinación de Acidez Total en bebidas alcohólicas.

(DGN - V - 6-1970)

Procedimiento.

En una cápsula de porcelana se neutraliza aproximadamente 250 ml de agua recientemente hervida y fría, utilizando 2 ml de solución indicadora de fenolfateína y solución 0.1 N de hidróxido de Sodio, se agregan 25 ml de muestra (de grado alcohólico real conocido) y se titula con solución 0.1 N de hidróxido de sodio.

Cálculos y Resultados.

Se expresa el resultado en miligramos de ácido acético por cien milímetros de muestra y se refiere a - - alcohol anhidro, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$A.T. = \frac{V \times N \times 60(100)}{M} \times \frac{100}{G.A.R.}$$

En donde:

A.T. = Acidez total expresada en miligramos de ácido acético por 100 ml de muestra, referidos a alcohol anhidro.

V = Mililitros de hidróxido de sodio gastados en la titulación de la muestra.

- N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio usada en la titulación.
- 60 = Miliequivalente del ácido acético expresado en miligramos.
- M = Mililitros de muestra empleados en la determinación.
- G.R.A. = Grado alcohólico real de la muestra a 15°C en la escala Gay - Lussac.

4.- Determinación de la Acidez fija en bebidas alcohólicas.
(DGN - V - 15-1970)

Procedimiento:

Se evaporan a sequedad en baño maría 25 ó 50 ml de la muestra contenida en una cápsula de porcelana, después se lleva a la estufa durante 30 minutos a 100-105°C.

El residuo anterior se disuelve y se transfiere a una cápsula de porcelana que contenga aproximadamente unos 250 ml de agua recientemente hervida, fría y neutra, con fenoftaleína para la disolución y transferencia se emplean varias porciones de alcohol neutro de más o menos el mismo grado alcohólico que la muestra, utilizando un total no mayor de 25 a 50 ml.

Se titula con solución de hidróxido de sodio - 0.1 N utilizando una bureta graduada en 0.05 ml y como indicador el agregado al agua para su neutralización.

Cálculos y Resultados.

Se expresa el resultado en mg de ácido acético por 100 ml de alcohol anhidro por medio de la expresión si-

guiente:

$$A.F. = \frac{V \times N \times 60 \times 100}{M} \times \frac{100}{G.A.R.}$$

Donde:

- A.F. = Acidez fija, expresada en miligramos de ácido acético por 100 ml referidos a alcohol anhidro.
- V = Mililitros de solución de hidróxido de sodio.
- N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.
- 60 = Miliequivalente del ácido acético expresado en mg.
- M = Mililitros de muestra que se utilizó.

5.- Determinación de Extracto Seco y Cenizas en bebidas - Alcohólicas. (DGN - V - 17-1970)

Procedimiento para la determinación del EXTRACTO SECO.

Se miden a 20°C de 25 a 50 ml de muestra, se transfieren a la cápsula previamente tarada, se evaporan a sequedad en el baño maría, se lleva la cápsula a la estufa a una temperatura de 100-105°C durante 30 minutos; se deja enfriar en el desecador y se pesa.

Procedimiento para la determinación de CENIZAS.

Al residuo anterior se le agregan de 3 a 4 gotas de aceite de oliva de cenizas conocidas, se calienta lentamente sobre la parrilla (puede sustituirse la parrilla por una lámpara - de rayos infrarojos) hasta que termine el esponjamiento de la materia, se coloca la cápsula en la mufla a 325°C y se deja hasta obtener cenizas blancas, se saca la cápsula y se en-

fría, se humedecen las cenizas con agua, se secan sobre el baño maría, luego en la parrilla y se recalcinan en la mufla a 525°C hasta peso constante.

Cálculos y Resultados.

La cantidad de extracto seco se calcula en gramos y - las cenizas en miligramos por litro de muestra, por medio de las siguientes expresiones:

$$E.S. = \frac{P_e - P_v}{V} \times 1000$$

$$C = \frac{P_c - P_v}{V} \times 10^6$$

En donde:

E.S. = Extracto seco en gramos por litro

C = Cenizas en miligramos por litro

P_e = Peso en gramos de la cápsula más extracto seco

P_v = Peso en gramos de la cápsula vacía.

P_c = Peso en gramos de la cápsula más cenizas

V = ml de muestra empleada.

6.- Determinación de Alcoholes superiores (Aceite de Fusel) en bebidas alcohólicas. (DGN - V - 14-1970)

Preparación de Soluciones:

- a) Solución de p-dimetilaminobenzaldehído en ácido - sulfúrico.-

En un matraz volumétrico de 100 ml. se disuelven 1 g de la sal de p-dimetilaminobenzaldehído con una solución de -

95 % del ácido sulfúrico y se afora con agua hasta la marca.

b) Solución patrón de aceite fusel.-

Se pesan 2 g de alcohol isobutílico y 8g de alcohol isoamílico; se transfiere a un matraz volumétrico de un litro y se completa hasta la marca con agua.

c) Se preparan dos soluciones a partir de la solución patrón tomando dos alícuotas de 10 ml colocando cada una de ellas en matraces volumétricos de 100 ml; uno de los matraces se afora con agua y el otro con alcohol.

Preparación de la gráfica de calibración.-

Se prepara una serie de soluciones tipo con las soluciones de Grado Alcohólico Real que varíe de 38-55°G.L. en matraces volumétricos de 100 ml; a cada uno de éstos se agregan -- alícuotas de las soluciones c), conteniendo una cantidad de -- aceite fusel equivalente de 1.0-6.0 g, que es la que estuviera contenida en 100 litros de la bebida alcohólica, que se obtiene poniendo de 1 a 6 ml de la solución acuosa tipo preparada y se afora con la solución alcohólica de grado alcohólico real correspondiente y se determina el porcentaje de transmisión en un fotómetro de 538-543 nm.

Al mismo tiempo se prepara un testigo que contenga 6 ml de la solución patrón de aceite fusel y se afora a 100 ml con una solución de grado alcohólico real de 55°G.L. Este debe dar una absorción en el ultravioleta de 0.83 ± 0.03 a 530 nm .

Preparación de la muestra.-

Se presentan dos casos:

Cuando el contenido de aceite fusel es igual o menor de 6.0 g se efectúa una destilación preliminar sobre una muestra de 50 ml. Se agregan 20 ml de agua y se destila lentamente colectando aproximadamente 50 ml de destilado en un matraz aforado de 50 ml se afora con agua destilada hasta la marca.

Para muestras que contengan más de 6 g de aceite fusel por 100 litros, se diluye con agua la muestra hasta una concentración comprendida entre 2.0-5.0 g de aceite de fusel por 100 litros.

Procedimiento.-

En una serie de tubos de ensayo colocados en una gradilla o canastilla metálica se ponen alicuotas de 2 ml de muestra diluida en un número igual de soluciones tipo preparadas, para el blanco en lugar de la solución tipo se agregan 2 ml de alcohol etílico. Se pone la gradilla o canastilla con los tubos a un baño de hielo y se les añade a cada tubo 1 ml de solución de p-nitrobenzaldehído. Se agitan y se dejan en el baño por 3 minutos. Se les añade por medio de una bureta 10 ml de ácido sulfúrico agregándolo lentamente y por las paredes. Se agitan los tubos individualmente y se colocan nuevamente en el baño de hielo por 3 minutos; se pasa la gradilla o canastilla con los tubos a un baño de agua hirviendo por 20 minutos, pasarlos después al baño de hielo de 3 a 5 minutos y

después a temperatura ambiente. Leer el por ciento de -
transmisión de las muestras en un espectrofotómetro a 538-543
mu. contra el blanco usado como referencia (USESE la misma -
longitud de onda para tipos y problemas).

Cálculos y Resultados.

Con los datos obtenidos se construye la gráfica de ca-
libración, poniendo en las abscisas las concentraciones de -
aceite fusel y en las ordenadas el % de transmisión.

Se convierte el % de transmisión de las muestras a mg
de aceite de fusel por 100 ml de la muestra. Si se hizo di-
lución se multiplican los mg de aceite fusel por el factor de
dilución para obtener mg de aceite fusel en la muestra refe-
ridos a alcohol anhidro por medio de la fórmula siguiente:

$$\text{A.S.} \quad \frac{P \times D \times 100}{\text{G.A.R.}}$$

En donde:

A.S. = mg de alcoholes superiores de aceite de fu-
sel por 100 ml de la muestra.

P = gramos de aceite fusel calculados a partir -
de la gráfica de calibración.

D = Dilución de la muestra en el desarrollo del -
color.

G.A.R.= Grado Alcohólico real de la muestra a 15°C
en la escala Gay-Lussac.

7.- Determinación de Metanol en Bebidas Alcohólicas Destiladas. (DGN - V - 21-1970)

Procedimiento.

Se diluye y ajusta la muestra a una concentración total de alcohol de 5-6%.

Se toman 50 ml de muestra, se destilan a través del destilador simple, colectando 40 ml del destilado. Se completa a 50 ml con agua (si el alcohol ha sido determinado previamente, el destilado puede ser ajustado a una concentración de alcohol entre 5-6% y ser usado para la prueba).

Método cualitativo.

Identificación del alcohol metílico.

Se pone en un tubo de ensayo una pequeña porción del destilado, se agrega una gota de solución de ácido fosfórico (1:20) y una gota de permanganato de potasio (1:20), se mezclan cuidadosamente y deja reposar la mezcla durante un minuto; se agrega solución acuosa de sulfito ácido de sodio (1:20) gota a gota hasta que el color rojo violeta del permanganato de potasio desaparezca. Si la mezcla toma una coloración café, se agrega una gota de solución acuosa de ácido fosfórico (1:20), a la solución incolora resultante, se agregan 5 ml de solución reactivo de ácido cromotrópico, recientemente preparada y se calienta la mezcla en baño maría, a 60°C por espacio de diez minutos. En presencia de metanol se observa una coloración violeta.

Método cuantitativo.

Determinación.

Se pipetea 2 ml de la solución de permanganato de potasio (en ácido fosfórico) dentro de un matraz volumétrico de 50 ml y se coloca en baño de hielo, se adiciona 1 ml de la muestra diluida y fría, y se deja reposar 30 minutos en el baño de hielo. Se decolora con un poco de bisulfito de sodio seco y se agrega 1 ml de solución de ácido cromotrópico al 5%. Se agregan lentamente 15 ml de ácido sulfúrico con agitación constante y se coloca en baño maría a 60-75°C durante 15 min. Se enfría y se adiciona suficiente agua y se afora a 50 ml, se mezcla y se diluye el volumen con agua a la temperatura ambiente. Se lee la absorbancia a 575 nm, usando como blanco alcohol al 5.5% tratado en forma similar. Se prepara una solución estandar de metanol conteniendo 0.025% de metanol en alcohol al 5.5 % de igual manera se lee la absorbancia.

Cálculos.

Se expresa el resultado en % de metanol mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Metanol} = \frac{A}{A'} \times 0.025 \times F$$

Donde:

- A = Absorción de la muestra
 A' = Absorción del estandar de metanol
 F = Factor de dilución de la muestra

8.- Determinación de Esteres y Aldehídos. (DGN - V - 5-1970)

Procedimiento.

En un matraz erlenmeyer de 500 ml se ponen 200 ml de la muestra, se agregan 35 ml de agua destilada y unos granulos de carborundum o perlas de vidrio. Se destila lentamente, recibiendo el destilado en un matraz aforado de 200 ml, hasta que llegue cerca de la marca, se afora con agua y se mezcla.

Determinación de Esteres.

Se transfieren 100 ml del destilado a un matraz de 500 ml, se neutraliza el ácido libre, se agrega una cantidad de solución 0.1N de hidróxido de sodio en exceso. Se conecta el matraz al condensador de reflujo y se calienta a ebullición moderada durante 2 horas en la parrilla. Se deja enfriar y se titula el exceso de álcali con una solución 0.1 N de ácido clorhídrico. Se desechan las determinaciones en las que el exceso de álcali 0.1 N sea menor de 2 ml o mayor de 10. Se calculan los ésteres en acetato de etilo.

Determinación de Aldehídos.

Se pone el sobrante del destilado en un matraz de 500 ml. Se agregan 100 ml de agua y un exceso de solución de bisulfito de sodio 0.05 N recientemente preparada (no se use con más de una semana de preparada). Se deja reposar durante 30 minutos, se agita de vez en vez. (El exceso de bisulfito de sodio debe ser equivalente o aproximadamente a 25 ml de la

solución de yodo). Se agrega un exceso aproximadamente 0.05 N. y se titula este exceso con solución de tiosulfato de sodio. Se hace una prueba en blanco con las mismas cantidades de solución de yodo y de la solución de bisulfito usado para las muestras. La diferencia entre las titulaciones en mililitros de solución de tiosulfato de sodio por 1.l es igual a miligramos de acetaldehído en la muestra considerando las normalidades indicadas.

Cálculos y Resultados.

Esteres.

Se expresa el resultado en miligramos por 100 ml de muestra y se refiere a alcohol anhidro, conforme a las siguiente ecuación:

$$E = \frac{E_1 \times 100}{\text{G.A.R.}} \quad \text{o sea} \quad E = \frac{V \times N \times 88 \times 100}{M} \times \frac{100}{\text{G.A.R.}}$$

En donde:

- E = Esteres expresados en miligramos de acetato de etilo por 100 ml de muestra, referidos a alcohol anhidro.
- E_1 = Esteres expresados en miligramos de acetato de etilo por 100 ml de muestra.
- V = Volumen de hidróxido de sodio consumido en la hidrólisis, por saponificación de los ésteres.
- N = Normalidad de la solución valorada de hidróxido de sodio.

88 = Miliequivalentes de acetaldehído expresado en mg.

G.A.R.= Grado alcohólico real de la muestra a 15°C en - la escala Gay-Lussac.

Aldehídos.

$$A = \frac{A_1 \times 100}{G.A.R.} \quad \text{o sea:} \quad A = \frac{V \times N \times 22 \times 100}{M} \times \frac{100}{G.A.R.}$$

En donde:

A = Aldehídos expresados en miligramos de acetaldehído por 100 ml de alcohol anhidro.

A_1 = Aldehídos expresados en miligramos de acetaldehído por 100 ml de muestra.

V = Diferencia de volúmenes de tiosulfato en las titulaciones

N = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

22 = Miliequivalente de acetaldehído expresado en mg.

b) ANALISIS VOLUMETRICO DE DIFERENTES TIPOS DE TEQUILA.

TEQUILA "A" (Reposado)

GRADO ALCOHOLICO REAL a 15°C en °G.L.	45.8
AZUCARES PREVIA INVERSION (g/l)	0.79
ACIDEZ TOTAL (en ácido acético) en mg/100 ml	8.2
ACIDEZ FIJA (en ácido acético) en mg/100 ml	0.0
EXTRACTO SECO (g/l)	1.38
CENIZAS (g/l)	0.076
ALCOHOLES SUPERIORES (en alcohol isoamílico) mg/100 ml	250.0
METANOL en mg/100 ml	158.3
ESTERES (en acetato de etilo) en mg/100 ml	25.9
ALDEHIDOS (en acetaldehído) en mg/100 ml	20.0

TEQUILA "B" (Añejo)

GRADO ALCOHOLICO REAL a 15°C en °G.L.	46.0
AZUCARES PREVIA INVERSION (g/l)	0.0
ACIDEZ TOTAL (en ácido acético) en mg/100 ml	43.5
ACIDEZ FIJA (en ácido acético) en mg/100 ml	1.0
EXTRACTO SECO (g/l)	0.06
CENIZAS (g/l)	0.01
ALCOHOLES SUPERIORES (en alcohol isoamílico) en mg/100ml	117.0
METANOL en mg/100 ml	128.6
ESTERES (en acetato de etilo) en mg/100 ml	54.7
ALDEHIDOS (en acetaldehído) en mg/100 ml	23.3

TEQUILA "C" (Blanco)

GRADO ALCOHOLICO REAL a 15°C en °G.L.	44.0
AZUCARES PREVIA INVERSION (g/l)	0.0
ACIDEZ TOTAL (en ácido acético) en mg/100 ml	6.08
ACIDEZ FIJA (en ácido acético) en mg/100 ml	0.0
EXTRACTO SECO (g/l)	0.04
CENIZAS (g/l)	0.008
ALCOHOLES SUPERIORES (en isoamílico) mg/100 ml	111.68
METANOL en mg/100 ml	145.28
ESTERES (en acetato de etilo) en mg/100 ml	22.08
ALDEHIDOS (en acetaldehído) en mg/100 ml	19.52

TEQUILA "D" (Blanco)

GRADO ALCOHOLICO REAL a 15°C en °G.L.	46.0
AZUCARES PREVIA INVERSION (g/l)	0.0
ACIDEZ TOTAL (en ácido acético) en mg/100 ml	29.3
ACIDEZ FIJA (en ácido acético) en mg/100 ml	0.6
EXTRACTO SECO (g/l)	0.05
CENIZAS (g/l)	0.007
ALCOHOLES SUPERIORES (en isoamílico) mg/100 ml	199.5
METANOL en mg/100 ml	181.6
ESTERES (en acetato de etilo) en mg/100 ml	36.7
ALDEHIDOS (en acetaldehído) en mg/100 ml	11.0

TEQUILA "E" (Blanco)

GRADO ALCOHOLICO REAL a 15°C en °G.L.	42.0
AZUCARES PREVIA INVERSION (g/l)	0.0
ACIDEZ TOTAL (en ácido acético) en mg/100 ml	6.0
ACIDEZ FIJA (en ácido acético) en mg/100 ml	0.1
EXTRACTO SECO (g/l)	0.04
CENIZAS (g/l)	0.005
ALCOHOLES SUPERIORES (en isoamílico) mg/100 ml	119.6
METANOL en mg/100 ml	29.3
ESTERES (en acetato de etilo) en mg/100 ml	6.3
ALDEHIDOS (en acetaldehido) en mg/100 ml	8.2

TEQUILA "F" (blanco)

GRADO ALCOHOLICO REAL a 15°C en °G.L.	44.0
AZUCARES PREVIA INVERSION (g/l)	0.0
ACIDEZ TOTAL (en ácido acético) en mg/100 ml	13.2
ACIDEZ FIJA (en ácido acético) en mg/100 ml	0.25
EXTRACTO SECO (g/l)	0.04
CENIZAS (g/l)	0.006
ALCOHOLES SUPERIORES (en isoamílico) mg/100 ml	196.3
METANOL en mg/100 ml	95.2
ESTERES (en acetato de etilo) en mg/100 ml	35.76
ALDEHIDOS (en acetaldehido) en mg/100 ml	7.3

c) ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE DIFERENTES TIPOS DE TEQUILA.

La cromatografía de gases es una técnica para separación de sustancias volátiles por filtración haciendo correr un gas sobre una fase estacionaria.

La cromatografía de gases ofrece un método rápido, sensible y simple para separar los componentes orgánicos de las bebidas alcohólicas.

Es sensible porque se pueden determinar fácilmente concentraciones del orden de partes por millón.

En el caso de las bebidas alcohólicas las muestras no necesitan tratamiento previo, por lo tanto, se elimina el error de pérdidas de componentes durante la extracción o destilación.

Es un método muy rápido, comparado sobre todo con los análisis volumétricos que tardan varias horas.

El gas acarreador debe ser inerte para evitar interacción con la muestra o solvente; capaz de minimizar la difusión gaseosa; fácilmente disponible; puro; y, barato; por lo que se escogió Nitrógeno.

El rango de puntos de ebullición de los componentes orgánicos en las bebidas alcohólicas va desde el acetaldehído (21°C), el alcohol etílico (78°C), el alcohol isoamílico (132°C) y hasta el octadecanoato de acetaldehído (215°C), a pesar de este amplio rango de puntos de ebullición y diversidad de compuestos, las condiciones de operación y las fases líquidas son fáciles de obtener para análisis completo de bebidas alcohólicas, excepto para taninos de muy alto punto de ebullición, caramelos y materiales inorgánicos.

Los compuestos ligeros como: aldehídos, ésteres, metanol y aceite de fusel requieren muy poca diferencia de fase líquida y condiciones de operación, necesitando solamente unos minutos para cambiar estas variables en cromatografía de gases.

Debido a que los componentes de las bebidas alcohóli-

cas cubren un amplio rango de puntos de ebullición, se requieren diferentes temperaturas en las columnas, esto se puede obtener fácilmente utilizando programación lineal de temperatura, con el objeto de hacer más rápido el análisis y más pronunciados los picos de los componentes de alto punto de ebullición.

El uso de dos columnas apareadas ayuda a resolver el problema del análisis del aceite de fusel.

Dos columnas de la misma fase líquida son balanceadas - una a otra en tal forma que el sangrado de una de ellas cancela el sangrado de la otra. Esto reduce al mínimo el error de la línea base durante la programación de la temperatura.

Los extremos livianos son los componentes que eluyen - antes del etanol, generalmente estos compuestos incluyen acetaldéhidico, acetato de metilo, acetato de etilo y metanol. Para su separación se han sugerido las fases líquidas como: - Adipato de dietilenglicol, Polietilenglicol, Hallcomid M-18 y Ucon 400.

De estas fases se escogió Carbowax 600. "Carbowax" es una marca registrada de Union Carbide Chemicals Company; es un polietilenglicol cuyo peso molecular se indica por su número, o sea, Carbowax 600 tiene un peso molecular aproximado a 600.

El aceite de fusel es la mezcla de alcoholes n-propílico, isobutilico, isoamílico y n-amílico. Estos componentes se separan perfectamente usando el juego de 2 columnas Carbowax 600.

Soporte.- El propósito de la fase sólida es dar soporte a una película uniforme y delgada de la fase líquida. Se usó como soporte: Cromosorb W.

Se eligió un detector de ionización a la flama debido a su sensibilidad, ya que muchos componentes de las bebidas alcohólicas se encuentran en muy baja concentración, teniendo además la ventaja de que no detecta el agua.

La separación total de extremos livianos y aceite de fusel se logró utilizando un par de columnas Carbowax 600, manteniend

do una temperatura de 50°C por 4 minutos, luego programando 8°C por minuto hasta obtener 110°C. (14,23)

Análisis Cuantitativo.-

La identificación de los picos se efectuó comparando - los tiempos de retención con los de los estandars.

Análisis Cuantitativo.-

Se efectuó preparando una solución estandar de los componentes esperados en el tequila, se corrió cromatograma hasta que fué repetitivo. Se inyectó siempre la misma cantidad de muestra (2 microlitros)

La relación se hizo por altura de pico y concentración del estandar.

Se utilizó un Cromatógrafo Varian Aerograph 1520 equipado con dos columnas de acero inoxidable Carbowax 600, de 10 pies de largo y diámetro de un octavo de pulgada. Soporte -- Cromosorb W de malla 100/120. Gas acarreador: Nitrógeno en proporción de 30 ml/min. Velocidad de gráfica 25 in/h. Detector: Ionizador a la flama.

REPORTE DE LOS DIFERENTES ANALISIS CROMATOGRAFICOS REALIZADOS.

ESTANDAR

ACETALDEHIDO	11.18 mg/100 ml
ACETATO DE METILO	5.83 mg/100 ml
ACETATO DE ETILO	9.84 mg/100 ml
METANOL	37.3 mg/100 ml
N-PROPANOL	9.38 mg/100 ml
ISOBUTANOL	9.16 mg/100 ml
ISOAMILICO	21.8 mg/100 ml
N-AMILICO	10.09 mg/100 ml

TEQUILA "G" (reposado)

ACETALDEHIDO	7.062	mg/100 ml
ACETATO DE METILO	---	
ACETATO DE ETILO	24.6	mg/100 ml
METANOL	134.5	mg/100 ml
G.A.R.	40.0	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	29.31	mg/100 ml
ISOBUTANOL	74.95	mg/100 ml
ISOAMILICO	205.61	mg/100 ml
N-AMILICO	6.726	mg/100 ml

TEQUILA "H" (Añejo)

ACETALDEHIDO	6.2	mg/100 ml
ACETATO DE ETILO	26.08	mg/100 ml
METANOL	138.68	mg/100 ml
G.A.R.	46.0	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	20.39	mg/100 ml
ISOBUTANOL	23.73	mg/100 ml
ISOAMILICO	232.7	mg/100 ml
N-AMILICO	1.46	mg/100 ml

TEQUILA "I" (Añejo)

ACETALDEHIDO	11.91	mg/100 ml
ACETATO DE METILO	6.34	mg/100 ml
ACETATO DE ETILO	88.17	mg/100 ml
METANOL	226.1	mg/100 ml
G.A.R.	46.0	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	26.34	mg/100 ml
ISOBUTANOL	73.32	mg/100 ml
ISOAMILICO	244.5	mg/100 ml
N-AMILICO	8.77	mg/100 ml



TEQUILA "J" (Blanco)

ACETALDEHIDO	5.72	mg/100 ml
ACETATO DE METILO	---	
ACETATO DE ETILO	57.39	mg/100 ml
METANOL	322.79	mg/100 ml
G.A.R.	46.0	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	20.39	mg/100 ml
ISOBUTANOL	69.7	mg/100 ml
ISOAMILICO	210.03	mg/100 ml
N-AMILICO	20.47	mg/100 ml

TEQUILA "K" (Blanco)

ACETALDEHIDO	10.07	mg/100 ml
ACETATO DE METILO	---	
ACETATO DE ETILO	30.34	mg/100 ml
METANOL	191.28	mg/100 ml
G.A.R.	43.5	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	22.46	mg/100 ml
ISOBUTANOL	50.73	mg/100 ml
ISOAMILICO	117.31	mg/100 ml
N-AMILICO	9.28	mg/100 ml

TEQUILA "L" (Blanco)

ACETALDEHIDO	5.97	mg/100 ml
ACETATO DE METILO	---	mg/100 ml
ACETATO DE ETILO	6.55	mg/100 ml
METANOL	128.8	mg/100 ml
G.A.R.	44.0	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	17.77	mg/100 ml
ISOBUTANOL	67.2	mg/100 ml
ISOAMILICO	217.62	mg/100 ml
N-AMILICO	21.09	mg/100 ml

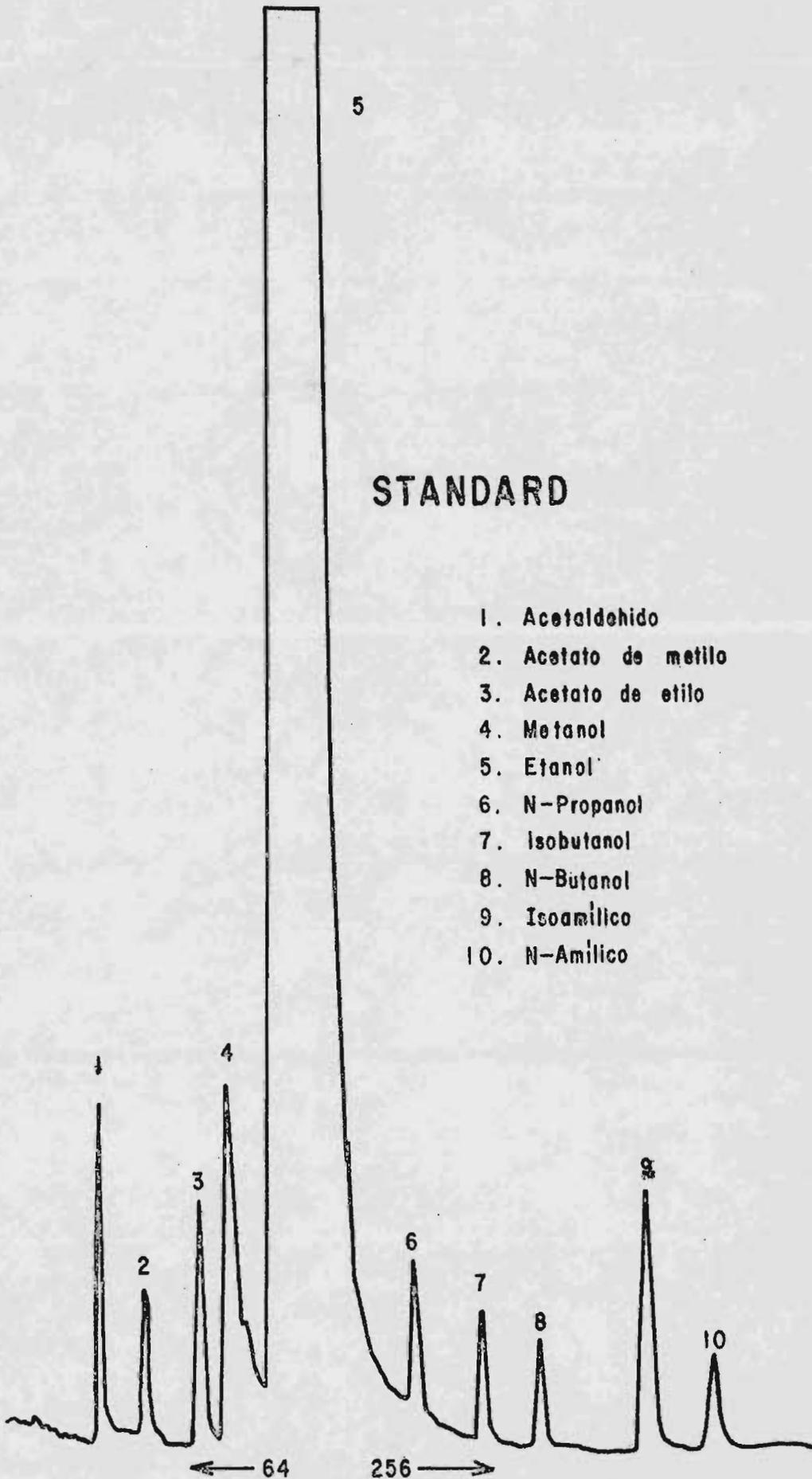
TEQUILA "M" (Blanco)

ACETALDEHIDO	9.4	mg/100 ml
ACETATO DE METILO	---	
ACETATO DE ETILO	---	
METANOL	20.5	mg/100 ml
G.A.R.	42.0	°G.L. a 15°C
N-PROPANOL	47.46	mg/100 ml
ISOBUTANOL	61.46	mg/100 ml
N-AMILICO	---	
ISOAMILICO	135.66	mg/100 ml

5

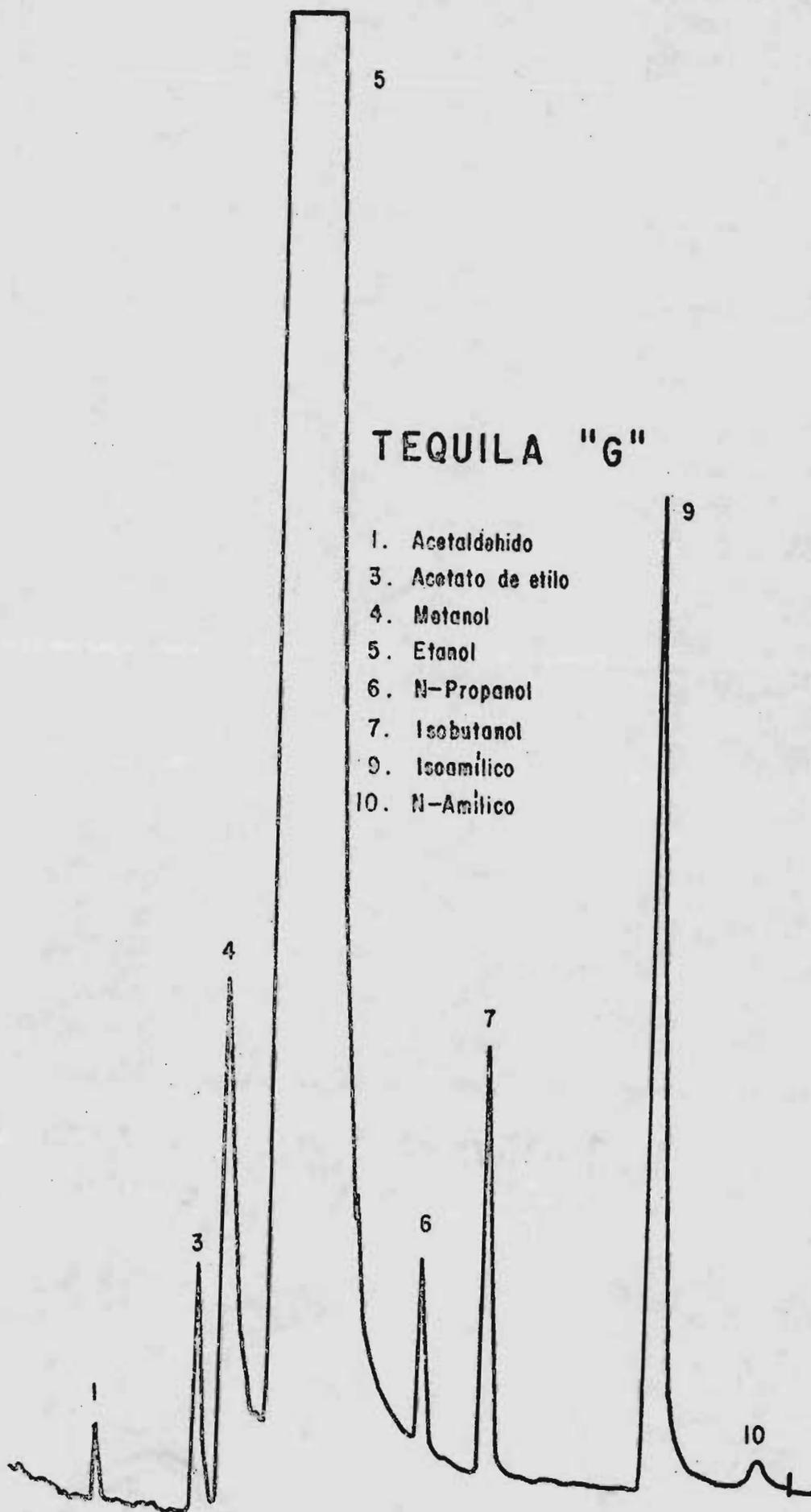
STANDARD

- 1. Acetaldehido
- 2. Acetato de metilo
- 3. Acetato de etilo
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 8. N-Butanol
- 9. Isoamilico
- 10. N-Amilico



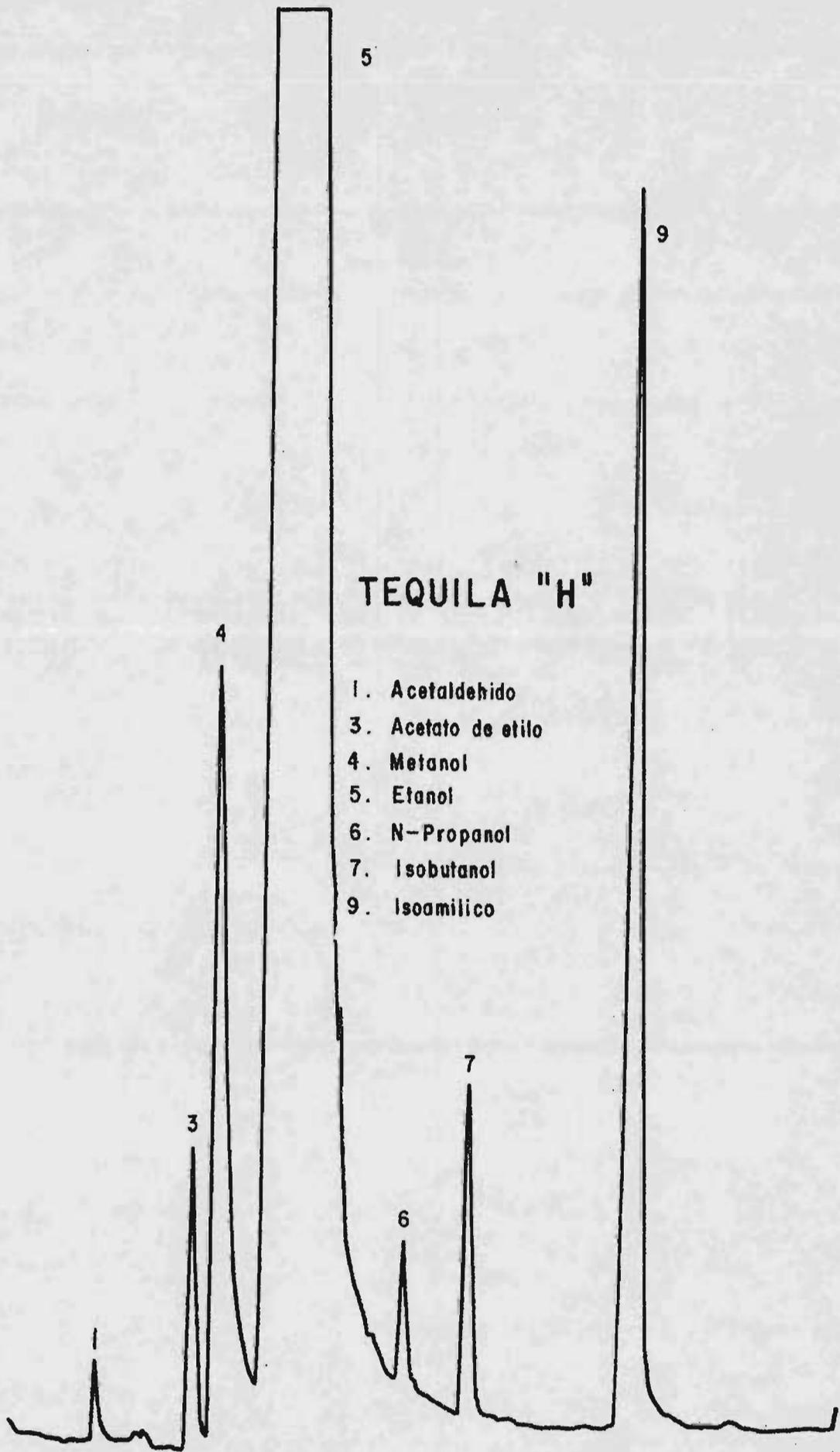
TEQUILA "G"

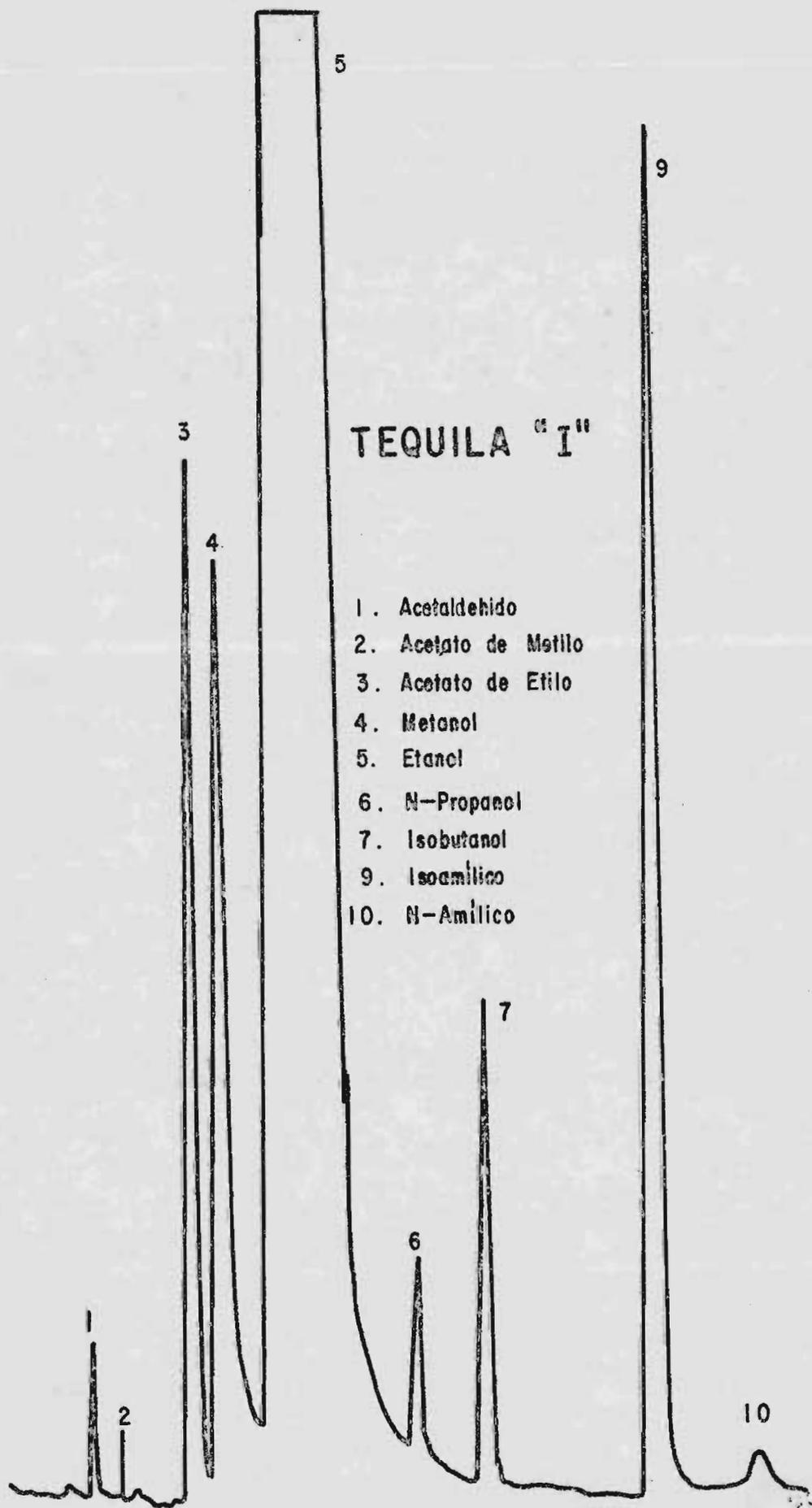
1. Acetaldehido
3. Acetato de etilo
4. Metanol
5. Etanol
6. N-Propanol
7. Isobutanol
9. Isoamilico
10. N-Amilico



TEQUILA "H"

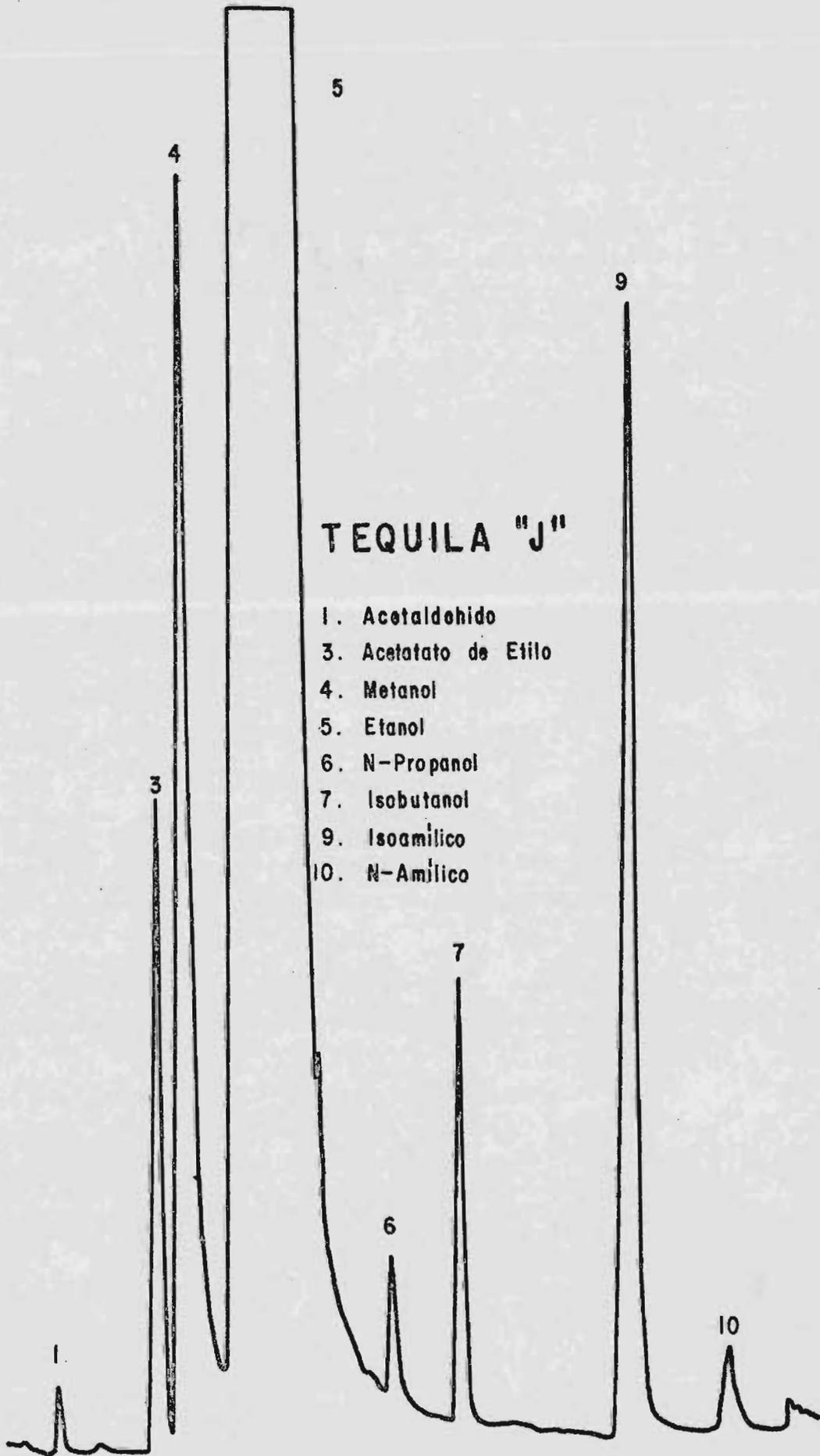
- 1. Acetaldehido
- 3. Acetato de etilo
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 9. Isoamilico





TEQUILA "I"

- 1. Acetaldehido
- 2. Acetato de Metilo
- 3. Acetato de Etilo
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 9. Isoamilico
- 10. N-Amilico

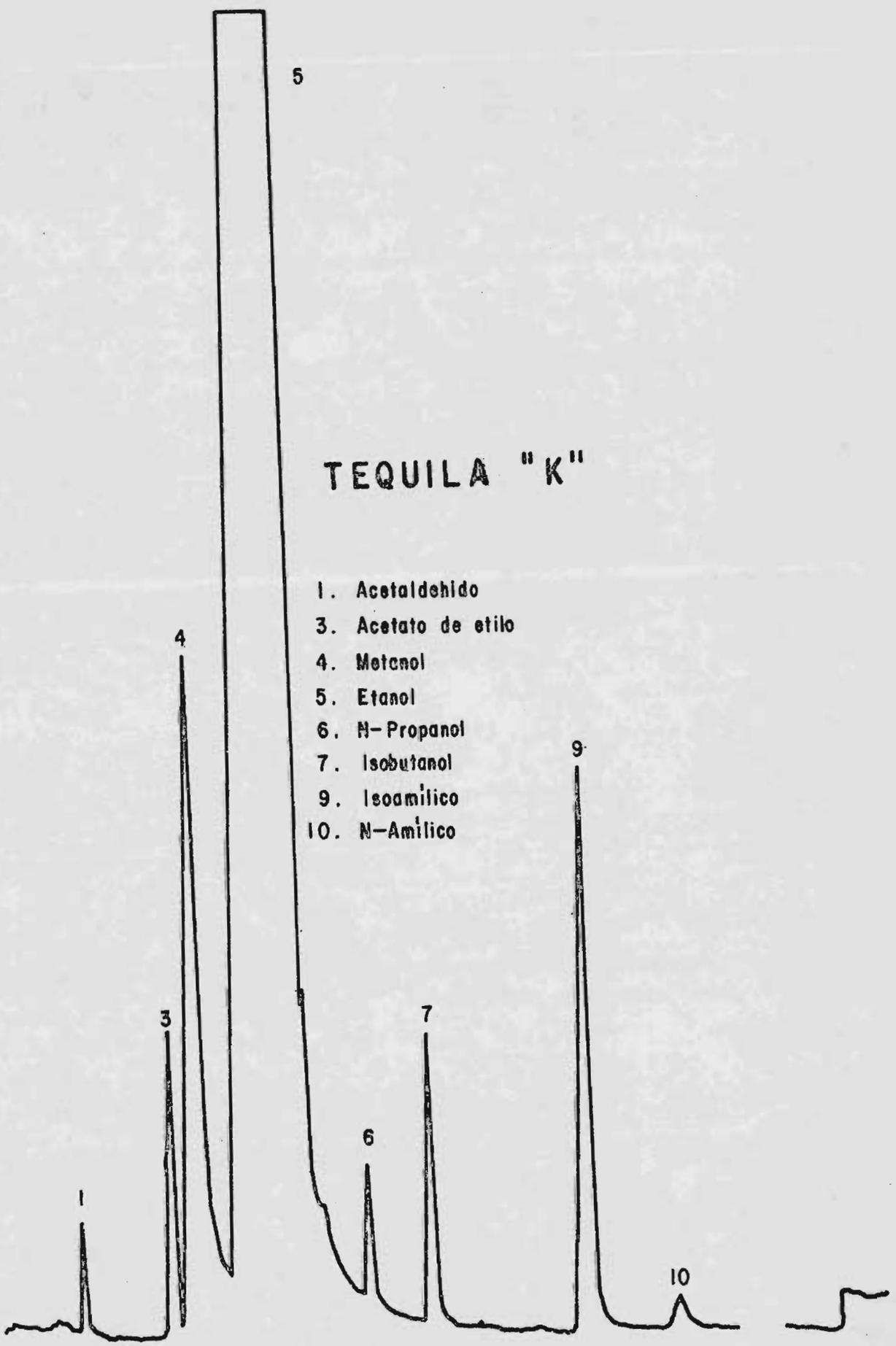


TEQUILA "J"

- 1. Acetaldehido
- 3. Acetato de Etilo
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 9. Isoamilico
- 10. N-Amilico

TEQUILA "K"

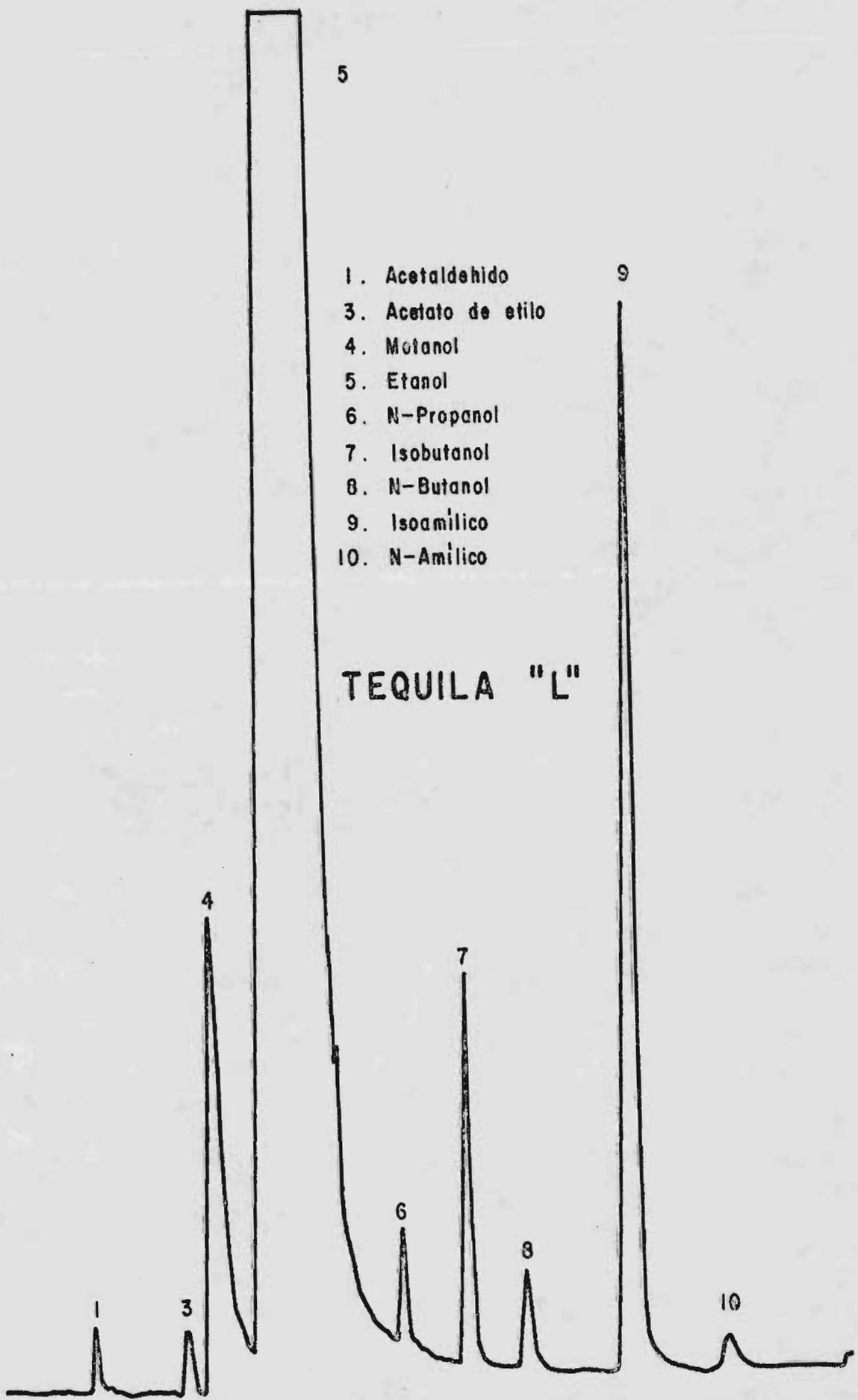
- 1. Acetaldehido
- 3. Acetato de etilo
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 9. Isoamilico
- 10. N-Amilico



5

- 1. Acetaldehido
- 3. Acetato de etilo
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 8. N-Butanol
- 9. Isoamilico
- 10. N-Amilico

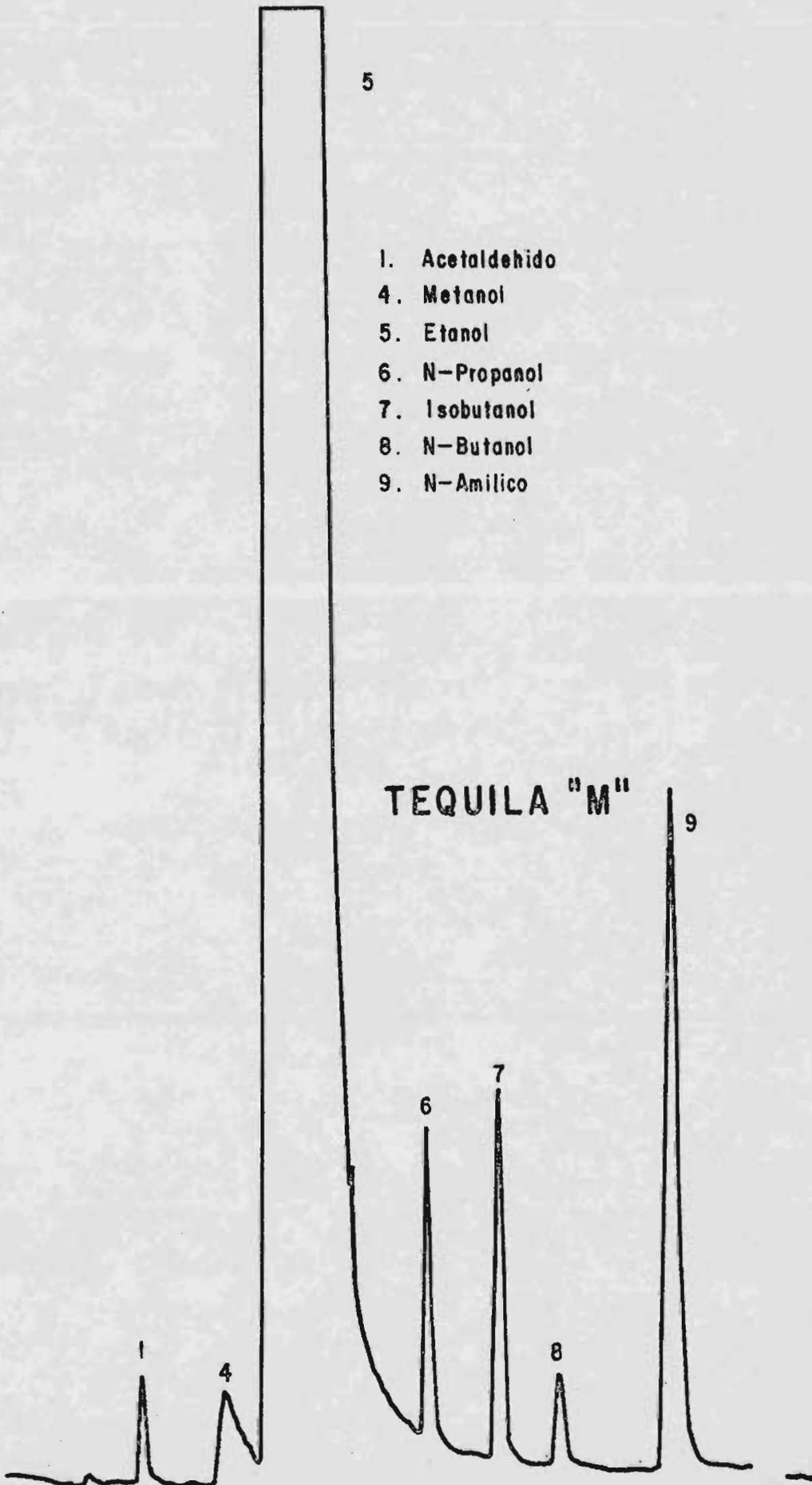
TEQUILA "L"



5

- 1. Acetaldehido
- 4. Metanol
- 5. Etanol
- 6. N-Propanol
- 7. Isobutanol
- 8. N-Butanol
- 9. N-Amilico

TEQUILA "M"



CAPITULO V

CALCULO Y SELECCION DE EQUIPOS1.- LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Para poder determinar una zona adecuada donde ubicar la fábrica, es necesario estudiar los distintos factores que la afectan, como son:

a).- ZONAS DE PRODUCCION:

La Dirección General de Normas establece que, para poder utilizar la denominación tequila en un aguardiente regional, éste debe ser elaborado de *Agave tequilana* Weber, var. azul, cultivados en el Estado de Jalisco y zonas de Estados colindantes que presenten características ecológicas semejantes a las de dicho Estado.

Los Estados colindantes que presentan estas características son: Michoacán, Nayarit, Colima, y Guanajuato. Además el Estado de Tamaulipas, que sin ser Estado colindante, está considerado por la Dirección General de Normas como Estado productor.

b).- ZONAS DE CONSUMO:

El tequila es una bebida cuyo consumo Nacional ha disminuído por la gran competencia e impulso que han tenido otros tipos de aguardientes, como el brandy y el vodka.

Además, las campañas publicitarias de estos aguardientes, junto a las realizadas por las diversas compañías productoras de Ron, son las que directamente han hecho que baje su porcentaje de ventas en el mercado de bebidas.

Las Zonas de mayor consumo son:

I).- El Valle de México.

II).- Guadalajara Jal. y zonas circunvecinas.

III).- Noreste de la República.

c).- TERRENO.

Técnicamente debe buscarse el emplazamiento de las bodegas en un sitio en que no haya fuentes de malos olores, debido a que el aguardiente los absorbe. Así -

mismo, aún siendo poca la demanda de tequila "Reposado" actualmente, el sitio debe de estar donde la trepidación por el tráfico sea nula, condición indispensable para el proceso de añejamiento.

Lo anterior restringe a las zonas urbanas como sitio - donde se pueda establecer la fabricación y procesamiento del tequila.

La parte agrícola es fundamental para situar el lugar que mejor condiciones presente.

La Región de Los Altos, en el Estado de Jalisco, produce una variedad de *Agave tequilana* Weber, cuya calidad es superior a los demás Agaves, a la vez que proporciona un mayor rendimiento.

El precio de las piñas de ágave se fija en la zona de cultivo, y el costo de transportación es pagado por las compañías fabricantes, lo que representa una ventaja situar la fábrica en ésta región.

d).- AGUA.

La fábrica debe localizarse - donde no haya limitaciones para la extracción de agua, y con posibilidad de deshacerse de sus aguas residuales, aguas negras y desperdicios, de la manera más económica y sin peligros de contaminación.

e).- ENERGIA ELECTRICA.

En cuanto a este factor, debemos localizar la fábrica en la cercanía de líneas de alta -- tensión para garantizar su suministro.

f).- MANO DE OBRA.

Debe de seleccionarse una zona donde la mano de obra sea abundante, barata y de mejor calidad. Así mismo, es recomendable la cercanía de ésta a un centro habitacional y urbano.

En la región de Tequila, Jalisco, se presenta actualmente una escasez de Agua, por lo que una expansión de la Industria Tequilera en dicho lugar es poco costable.

Tomando en cuenta todos los factores anteriores, la zona que consideramos más propicia para situar la fábrica es la región de Los Altos, Jalisco. En especial la situada alrededor de la Ciudad de Atotonilco. En esta zona hay abundancia de agua; líneas de alta tensión; mano de obra; y el costo de la materia prima está libre de cargas por transportación a lugares distantes.

Tabla de evaluación de Factores para la localización de la fábrica.

Localidad/Factores.	a	b	c	d	e	f	total.
Amatitlán, Jal.	3	3	3	3	4	3	19
Guadalajara, Jal.	1	4	1	2	4	2	14
Tequila, Jal.	2	3	3	2	4	3	17
Tototlán, Jal.	3	3	4	4	4	4	22
Los Altos, Jal.	4	3	4	4	4	4	23

Los valores tabulados son: De 4 al que es más ventajoso, y de 1 al que presenta menor ventaja.

Los factores que se analizan son los que se determinaron anteriormente.

DISTRIBUCION DE LA PLANTA.

Para la planta se necesita un mínimo de 15,000 m². Dentro del terreno debemos contar con las siguientes instalaciones:

- Caseta de Control
- Oficinas
- Báscula
- Patio de Maniobras
- Departamento de Autoclaves
- Departamento de Molienda y Desmenuzado
- Sala de Formulación
- Sala de Elaboración y Propagación de Levaduras
- Sala de Fermentación
- Sala de Destilación
- Laboratorio de Control e Investigación
- Depósitos de Almacenamiento de Producto Terminado
- Almacén de Materias Primas
- Depósitos de Maduración y Reposo
- Taller de Mantenimiento
- Servicios Sociales (baños, vestidores, comedor)
- Departamento de Caldera y Combustibles
- Superintendencia
- Opcional un departamento de Embotellado, previo estudio de costos.

BASES DE DISEÑO.

- El edificio é instalaciones se planean tomando como base la posibilidad de duplicar su capacidad en un futuro próximo.

- Deberá procurarse que el edificio tenga una cimentación que permita el control de la humedad, especialmente en los departamentos de reposo y añejamiento, y en los almacenes de materias primas.

Los pisos serán sin ranuras y con fuerte pendiente que permita lavados frecuentes.

- Son recomendables los techos aislantes para que proporcionen uniformidad de temperatura.

- Todos los departamentos en que hay producción de Anhidrido Carbónico deben mantenerse bien ventilados. (salas de fermentación y formulación).

- El sistema de abastecimiento de agua potable se hará, previo estudio, de aguas subterráneas mediante pozos profundos ó bien, de abastecimientos superficiales como ríos, lagos ó embalses.

- El material que se emplee para la construcción de recipientes ó aparatos que estén en contacto con el producto en proceso puede ser: Madera; Concreto insolubilizado; Acero Inoxidable; Aluminio; Fibra de Vidrio ó Acero al Carbón.

CAPACIDAD DE LA PLANTA.

Para determinar la capacidad más adecuada de la planta, el criterio a seguir es el establecimiento de una capacidad económicamente productiva, basado en la potencialidad del mercado, tanto Nacional como Extranjero.

En el Mercado Nacional, el consumo de tequila ha sido -- desplazado del primer lugar de ventas por el brandy. Además de que, por la carga fiscal aplicada al tequila, (que es la mayor que se aplica a bebidas alcohólicas), las ventas del producto embotellado han disminuido a lo que estaba estimado.

Un estudio realizado en el Mercado Nacional sobre el consumo de bebidas alcohólicas, proporciona los siguientes datos estimativos:

Producto	En 1972.	En 1973.	En 1974.	En 1975.
<u>Tequila</u>	30%	28%	27%	29%
<u>Ron</u>	28%	21%	23%	21%
<u>Brandy</u>	27%	28%	29%	30%
<u>Vodka</u>	1%	3%	4.5%	8%

En 1976, el tequila ocupó el 28% del consumo, y en 1977 se estimó un porcentaje del 26%; La baja se debió, principalmente a problemas internos de tipo sindical.

En el Mercado Internacional, la venta de tequila se ha incrementado paulatinamente, a excepción de las ventas que en 1974 fueron en comparación a las de 1973, incrementadas casi en un 50%.

Actualmente, el Mercado Internacional ocupa la atención de los fabricantes por presentar un futuro prometedor.

Los principales Mercados Extranjeros para la venta de tequila son actualmente los Estados Unidos, y Canadá.

Las estadísticas sobre la producción de tequila en los años de 1973; 74; 75;76, y 1977, referidas a 55°G.L. son las siguientes: *

* Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.

En 1973:

Producción total de Tequila	....	28'630,382	Litros.
Consumo Nacional	....	17'367,382	l. 60.6%
Consumo en el Extranjero	....	11'263,000	l. 39.3%

En 1974:

Producción total de Tequila	....	33'375,400	Litros.
Consumo Nacional	....	16'556,400	l. 49.6%
Consumo en el Extranjero	....	16'819,000	l. 50.39%

En 1975:

Producción total de Tequila	....	38'679,507	Litros.
Consumo Nacional	....	19'596,207	l. 50.6%
Consumo en el Extranjero	....	19'083,300	l. 49.33%

En 1976:

Producción total de Tequila	....	43'642,507	Litros.
Consumo Nacional	....	23'147,132	l. 53.04%
Consumo en el Extranjero	....	20'495,000	l. 46.95%

En 1977:

Producción total de Tequila	....	43'751,818	Litros.
Consumo Nacional	....	21'801,818	l. 49.8%
Consumo en el Extranjero	....	21'950,000	l. 50.17%

Desglosando los incrementos registrados en la producción y consumo de Tequila obtenemos las siguientes tabulaciones:

Incrementos en la producción total de Tequila:

En 1973	.....	8	%
En 1974	.....	13.21%	
En 1975	.....	16.22%	
En 1976	.....	13.547%	

En 1977 0.604 %

Incrementos en el Consumo Nacional:

En 1974 -4.66%

En 1975 18.36%

En 1976 18.12%

En 1977 - 5.87%

Incrementos en el Consumo en el Extranjero:

En 1974 49.33%

En 1975 13.46%

En 1976 7.4 %

En 1977 7.1 %

La variación de los incrementos en el Consumo Nacional, son un reflejo de la situación económica sucedida en el país, y a la carga fiscal impuesta en los años 1973 y 74 a las bebidas alcohólicas.

El estímulo que se le ha dado a la exportación, por parte de las autoridades fiscales, ha promovido la búsqueda de Mercados Extranjeros. Influyendo la gran aceptación que ha tenido el tequila.

La elaboración del tequila está protegida mediante convenios Internacionales, y es exclusiva del país.

Las principales firmas exportadoras son: (30)

Tequila Cuervo	28%
Tequila Sauza	8.5%
Tequila Orendain	9.5%
Tequila Río de Plata	7.4%
La Madrileña	8.1%
Tequila Tres Magueyes	7.4%
Tequila Vda. de Mtz.	7.0%

Para poder calcular la producción de la planta es necesario hacer una estimación de la producción en los próximos años.

Si tomamos los incrementos registrados en la producción de tequila obtendremos las siguientes relaciones:

El incremento anual mediante un promedio aritmético es del 12.7 % anual.

El incremento anual calculado mediante el promedio móvil es del 10.05 %.

Considerando el método de Mínimos Cuadrados, como un método estadístico que nos dará los resultados más aproximados para estimar la producción futura de tequila, lo aplicamos sobre los datos de producción registrados.

Las ecuaciones empleadas para este método son:

$$\text{Ecuación de la recta} \quad Y = A + B x$$

donde Y = Cantidad que se pronostica

x = Año que se pronostica

A y B = Constantes; A = intercepción y B = pendiente.

Las ecuaciones Normales son:

$$Y = NA + Bx$$

$$xY = Ax + Bx^2$$

donde: N = Número de años tomados como base

x = Suma de los años tomados como base

Y = Ventas logradas en cada año

A, B = Constantes.

Aplicando las ecuaciones a los datos registrados, obtenemos que la ecuación de la recta es:

$$Y = 25'462,966.47 + 4'050,960.44 x$$

Considerando que éste anteproyecto se aplicará en 1980, la producción estimada para dicho año es:

Por medio del incremento promedio aritmético 60'421,260 l.

Por medio del incremento de promedio móvil 56'942,991 l.

Por medio del método de Mínimos Cuadrados 57'870,649 l.

Para efectuar los cálculos consideramos una producción de 58'000,000 de litros de tequila con 55°G.L., considerando que el error será pequeño en base a las diferentes estimaciones.

Un estudio realizado en el mercado sobre marcas de tequila de mayor consumo dió los siguientes resultados aproximados:

Tequila Sauza	44 %
Tequila Cuervo	32 %
Tequila Orendain	5 %

Por lo anterior consideramos que el anteproyecto de una fábrica con capacidad de 10% de la producción total de tequila estimada para 1980 es costeable económicamente; y se tomará en cuenta para la selección de equipos la posibilidad de duplicar esta capacidad en un futuro próximo.

La producción Nacional diaria de tequila estimada para 1980 será de 158,904 litros, por lo que la fábrica contará con una capacidad de producción de 15,900 litros de tequila diarios, con una riqueza alcohólica de 55°G.L.

CALCULO DE EQUIPOS.

Para una mayor facilidad de cálculo, seguiremos la distribución departamental, calculando en primér término la cantidad de Agave necesaria para la producción.

a) Materias Primas:

Los cálculos de la cantidad de azúcar necesaria para la producción de 15,900 litros de tequila son los siguientes:

1.- Azúcar proveniente del Azúcar Mascabado.

Se utilizan 538 gramos por litro de tequila con 55°G.L. provenientes del mascabado, el cuál tiene un 95 % de azúcares. La cantidad utilizada es:

$$\frac{15,900 \text{ l Teq.} \times 0.538 \text{ Kg Azúcar} \times 1 \text{ Kg Azúcar Mascabado}}{1 \text{ litro de Tequila} \times 0.95 \text{ Kg Azúcar}}$$

$$= 9,004.42 \text{ Kg de Azúcar Mascabado.}$$

2.- Azúcar proveniente del Agave.

Del *Agave tequilana* Weber, denominado Alteño se obtienen entre el 20 y el 24 % de azúcares reductores.

La cantidad de azúcares de Agave necesarios para un litro de tequila es de 0.560 kg (aproximadamente 2.5 kg de Agave), por lo que para la producción de 15,900 l. serán necesarios 8,900 kg.

La cantidad de Agave necesario es:

$$8,904 \text{ Kg de Azúcar} \times \frac{1 \text{ Kg Agave}}{0.22 \text{ Kg Azúcar}} = 40,472.727 \text{ Kg.}$$

$$0.22 \text{ Kg Azúcar}$$

En base a la cantidad de Agave utilizado, determinamos que la capacidad del autoclave ó los autoclaves debe sumar 40 toneladas.

b) Cálculo de Autoclave:

Para el cocimiento del Agave utilizaremos varias autoclaves con una capacidad de 15 toneladas cada uno, considerando que puede -- haber una variación en la cantidad de Agave requerida.

Para el cálculo del autoclave, debemos considerar la densidad -- del Agave, incluyendo los espacios vacíos que quedan comprendidos entre una y otra piña al apilarse.

Después de cargar diferentes tanques con las piñas sin acomodar, solo apilándolas, obtuvimos que la densidad promedio del Agave con espacios vacíos es de 0.415 Kg/dm^3 , o sea 0.415 ton/m^3 .

De la relación de densidad igual a masa entre volumen, podemos determinar el volumen que ocupan 15 ton de Agave.

$$\text{Vol.} = \text{Masa/Densidad} = \frac{15 \text{ ton}}{0.415 \text{ ton/m}^3} = 36.15 \text{ m}^3$$

El volumen del autoclave estará dado por la relación:

$$V = \frac{d^2 \times \pi \times h}{4}$$

Fijamos el diámetro del autoclave en 3 metros y sustituyendo obtenemos la altura:

$$h = \frac{36.15 \text{ m}^3 \times 4}{9 \text{ m}^2 \times 3.1416} = 5.12 \text{ m} = \text{altura del autoclave.}$$

Si consideramos que la parte superior del autoclave no es -- posible cargarse, o sea no son cargados en su totalidad, otorgamos un margen aproximado del 15% más, de donde el nuevo valor de la altura es de 6 metros.

Con estos valores podemos dar la tabla de condiciones:

Condiciones de Trabajo del Autoclave:

Diámetro 3m 118.11 in.
 Longitud 6m 236.22 in.
 Presión de Operación $2\text{Kg}/\text{cm}^2$... $29.5 \text{ Lb}/\text{in}^2$
 Temperatura de Operación 240°F (115.5°C)
 Material de Construcción SA - 283 - A
 recubierto con pintura epóxica.

- Cálculo del Espesor de las paredes del Autoclave:

Espesor Sección Cilíndrica.

El cálculo se hace mediante la relación que determina espesores de las paredes de un recipiente cilíndrico.

$$t_s = \frac{P \cdot r_i}{f_e - 0.6 P}$$

Donde: f = Esfuerzo permisible y es de $10,350 \text{ lb}/\text{in}^2$

e = Eficiencia y es de 0.85

P = Presión y es de $29.5 \text{ lb}/\text{in}^2$

r = Radio del cilindro y es de 59.055 in

Sustituyendo valores:

$$t_s = \frac{29.5 \times 59.055 \text{ in}}{10,350 \times 0.85 - 0.6 \times 29.5}$$

$$t_s = 0.19843 \text{ in}$$

El espesor será el valor obtenido de t_s mas el factor de corrosión que es de 0.125 in

$$t = t_s + \text{factor de corrosión} = 0.19843 + 0.125$$

$$t = 0.323 \text{ in} = 3/8 \text{ in}$$

Espesor de las Tapas de los Cabezales.

En consideración de la presión de operación, la forma - más adecuada del cabezal es la toriesférica estandar ASME.

El cálculo del espesor de las paredes se hace mediante la relación:

$$t_s = \frac{0.885 \times P \times r_c}{f_e - 0.1 P}$$

Donde:

r_c es igual al diámetro por especificaciones del código y tiene un valor de 118.11 in.

P es la presión y tiene un valor de 29.5 lb/in²

f es el esfuerzo permisible y tiene un valor de 10350

e es la eficiencia y tiene un valor de 0.85

Sustituyendo:

$$t_s = \frac{0.885 \times 29.5 \text{ lb/in}^2 \times 118.11 \text{ in}}{10,350 \text{ lb/in} \times 0.85 - 0.1(29.5) \text{ lb/in}^2}$$

$$t_s = 0.35062 \text{ in}$$

$$t_s + \text{factor de corrosión} = 0.35062 + 0.125$$

$$t = 0.4756 = \frac{1}{2} \text{ in.}$$

Conclusión:

Para la operación de Cocimiento se utilizarán tres auto-claves con las siguientes especificaciones:

Capacidad de carga	.....	15 ton
Diámetro	.....	3 metros
Longitud	.....	6 metros

Material de Construcción SA - 283 - A

Espesor de la Sección Cilíndrica 3/8 in

Espesor de las tapas de los Cabezales 1/2 in

c).- Molienda.

Para la molienda se utiliza una Desmenuzadora y un tándem de cuatro molinos.

La desmenuzadora se utiliza para reducir el tamaño de - las piñas cocidas, las cuales posteriormente pasan al tándem de molinos.

El tipo de desmenuzadora utilizada es tipo comercial, y las características técnicas que más nos convienen para - nuestras condiciones de trabajo son:

Tipo	.....	Cuchillas fijas con rotor central
Producción por hora	.....	7,500 Kg/h
Fuerza motriz requerida	.....	5 c.v.

Peso total 700 Kg.
Dimensiones 2.5 X 1.0 X 1.4 metros
Material Acero al Carbón y A. Inox.

En las máquinas desmenuzadoras, el rotor central gira a velocidades del orden de 250 rev/min. Las piñas del Agave introducidas por la tolva de carga son proyectadas contra la pared del tambor el cuál está provisto de cuchillas, mientras que las cuchillas fijadas en el rotor efectúan el desmenuzamiento.

Para obtener un buen resultado de trabajo es necesario que la alimentación sea constante y proporcional a la capacidad de la máquina.

Una desmenuzadora de este tipo dará la producción necesaria por día en seis horas.

El tándem de molinos consta de cuatro juegos de tres mazas. Se encuentran unidos por conductores intermedios que pasan las piñas de uno a otro molino.

Cada molino consta de tres mazas convencionalmente ralladas, dispuestas en forma triangular, sobre una estructura de acero fundido que se denominan "Castillejos", cada molino es movido por su propia unidad motriz de 6 C.V.

Los rodillos ó mazas poseen una longitud de 1.6 m, y un diámetro de 0.95 m, y tienen una capacidad de 8 ton por hora.

Como su alimentación es continua y depende de la desmenuzadora, su tiempo de trabajo es igual y su eficiencia también está ligada a la de la máquina desmenuzadora.

d).- Sala de Formulación.

La sala de Formulación está integrada por tres tinajas ó tanques que son: Tanque Colector, Tanque de Mezclado y Tanque de Disolución de Azúcar.

El tanque colector recoge el jugo obtenido en la molienda almacenándolo, posteriormente en el tanque de mezclado. Se junta con la miel de hornos y se les ajusta la concentración de azúcares, mediante la mezcla de una solución concentrada proveniente del tanque de disolución.

El tanque colector y el tanque de mezclado son de la misma capacidad. Ambos están contruídos de Acero Inoxidable.

Las dimensiones de los tanques son: 4 metros de diámetro por 3 de altura y tienen una capacidad de 36,000 l.

El tanque de disolución se usa para disolver el azúcar - mascabado que se necesita para el ajuste de la concentración de azúcares en el mosto preparado. La capacidad de este tanque es de 12,000 l. Está contruído de Acero Inoxidable y con dimensiones de 3 metros de diámetro por 2 metros de altura.

e).- Sala de Fermentación.

Esta sala es donde situamos las tinajas de fermentación de mosto ajustado en la sala anterior.

Para hacer la estimación del mosto necesario para producir 15,900 litros de tequila, se usa la siguiente relación:

$$\text{- Vol. de Tequila} = \frac{\text{Vol. mosto Fermentado} \times \text{riqueza Alcohólica} \times .96}{55^{\circ}\text{C}}$$

Despejando de esta relación obtenemos la cantidad de mosto:

$$\text{- Vol. Mosto Fermentado} = \frac{\text{Vol. Tequila} \times 55^{\circ}\text{G.L.}}{\text{Riqueza Alcohólica} \times 0.96}$$

$$\text{- Vol. Mosto Fermentado} = \frac{15,900 \text{ l} \times 55^{\circ}\text{G.L.}}{8^{\circ}\text{G.L.} \times 0.96} = 113,867.2$$

por lo que la capacidad de las tinajas de fermentación debe sumar 113,867.2 litros, más un margen de seguridad de un 10%.

La fermentación de un mosto se realiza en un tiempo que fluctúa entre 48 y 51 horas, más el tiempo de reposo que se le dá, lo que hace un total de 66 a 68 horas; por lo que cada tanque de fermentación se volvería a ocupar al cuarto día de haberse llenado. (9)

La capacidad de los tanques de fermentación es de 30,000 l. y es necesario utilizar 4 tanques para satisfacer la producción diaria, por lo cual la sala de fermentación contará con 16 tanques de fermentación.

Las especificaciones generales para estos tanques cilíndricos verticales de 30,000 litros de capacidad serán:

Tanque cilíndrico vertical

Diámetro interior cuerpo 3 metros

Longitud entre tangentes 4 metros

Diámetro boca tapa sup. 0.96 m

Tipo de Tapa toriesférica (abombada)

Tipo de Fondo toriesférica (abombada)

Espesor Cuerpo 3/16 in (0.47625 cm)

Espesor Tapas 3/16 in (0.47625 cm)

Espesor Fondo 3/16 in (0.47625 cm)

Datos de Diseño y Operación:

Presión de diseño Atmosférica.

Temperatura de diseño ... Ambiental

Código API 650

Especificaciones de Material:

Cuerpo y Tapas Acero Inoxidable 316

Soporte y Anillos . A - 36

Peso estimado recipiente 4.5 ton.

Peso de los soportes (4) ... 4 ton.Inc.anillos.

Estos tanques se montarán sobre bases de acero calculadas para soportar 40 ton cada una. Se instalarán en batería uno tras otro, con una separación conveniente estimada en 3 m para tener libertad de operación entre ambos.

Deberán contar con acabado sanitario; medidor de nivel; salidas centrales en el fondo; así como tubería PVC para el trasvase por gravedad e impulsión, además: del canal recolector del agua de enfriamiento.

En la parte superior tendrá instalado un rociador de agua fría recirculada para controlar la temperatura durante la fermentación.

Tanque Calientavinos

Este tanque está provisto de un serpentín en su interior para transferir el calor del Agua de Enfriamiento.

El Agua de Enfriamiento sale del condensador con una temperatura de 50°C promedio para ceder calor al mosto, el cuál tiene -- un promedio de 30 °C.

El agua entra al serpentín de 50° C y sale con una temperatura de 46 °C. El mosto entra al tanque con una temperatura promedio de 30 °C y sale de él a una temperatura de 45 °C.

Cada condensador utiliza para su operación aproximadamente -- 1,500 l/h de agua fría.

Para el cálculo de la longitud del serpentín tenemos que estimar el área de calentamiento mediante la ecuación de Fourier.(5)

$$Q = U A \Delta T_m \log$$

El calor cedido por el Agua de Enfriamiento es de:

$$q = (1,500 \text{ Kg/h} \times 0.998 \text{ Kcal/Kg}^\circ) \quad (50-46)$$

$$q = 5,988 \text{ Kcal/h}$$

Este cálculo nos señala la cantidad de calor cedido por un condensador. El calor total cedido por los 8 condensadores de la Sala de Destilación es de 47,904 Kcal/h.

El coeficiente total de transferencia para el serpentín de --- Acero Inoxidable tiene un valor en tablas de 350 Kcal/h m² °C. (10)

El cálculo de la temperatura media logarítmica lo obtenemos -- mediante la ecuación:

$$T_m \log = \frac{(T_e \text{ del agua} - T_s \text{ del mosto}) - (T_s \text{ del agua} - T_e \text{ mosto})}{\ln \frac{(T_e \text{ del agua} - T_s \text{ del mosto})}{(T_s \text{ agua} - T_e \text{ del mosto})}}$$

Sustituyendo valores:

$$T_m \log = \frac{5 - 16}{\ln 5/16} = 9.457$$

Sustituyendo los valores en la ecuación de Fourier para obtener el área:

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_m \log} = \frac{47,904}{350 \times 9.457} = 14.47 \text{ m}^2$$

El área de calentamiento estará dada por un serpentín de dos - pulgadas de diámetro interno (5.08 cm) y una longitud de 90,668 m.

Las especificaciones generales del tanque de precalentamiento son:

Material Acero Inoxidable 316.

Espesor cuerpo 3/16 in.

Espesor Tapas 3/16 in.

Diámetro 3 m.

Largo 4 m.

Tipos de Tapas: Toriesféricas

Datos de Diseño y Operación:

Presión de Diseño ... Atmosférica.

Temperatura de Diseño .. 49 °F (60 °C)

Código API 650

Conexiones:

- Un registro completo con tapa 16" Di
- Dos tubos de respiración en su parte superior para la salida de CO₂
- Tubería fija en P.V.C. para el transvase
- Serpentín plano de 90.668 m. de longitud, construido de Acero Inoxidable ced 40 de 2 " D_i

F) Sala de Destilación:

En esta sala están situados los alambiques utilizados para la Destilación y Refinación del Tequila.

- Cálculo de los Alambiques Destrozadores:

En base a la cantidad de mosto fermentado, se diseñan los Alambiques Destrozadores, y, a su vez, se determina la superficie de calentamiento necesaria para destilar el mosto muerto. Cada alambique tendrá una capacidad de 12000 l. de mosto muerto y el tiempo total de destilación será de 3 h.

La capacidad por turno de cada alambique será de 24,000 l, por lo que el número de Alambiques requeridos para destilar los 114,000 l de mosto muerto es de cinco.

-Diseño de los Alambiques.

Los alambiques poseen cuerpo cilíndrico, con salida del tipo cónica, a diferencia del antiguo tipo de alambiques, cuyo cuerpo era esférico, con salida para los vapores del tipo Cuello de - - Ganso.

-Cálculo del Espesor de las paredes del Alambique.

Especificaciones generales:

Diámetro del cuerpo 2.5 m .. 98.42 in.
 Altura del cuerpo 3 m .. 118.11 in.
 Temperatura de trabajo ... 210 °F (99 °C)
 Presión de Trabajo 2 Kg/cm² .. 29.5 $\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$

Material de Construcción SA - 249 Tp 321

Espesor del cuerpo cilíndrico.

$$t = \frac{P d}{2 f e} = \frac{29.5 \text{ lb/in}^2 \times 98.43 \text{ in.}}{2 \times 14,450 \text{ lb/in}^2 \times 0.85}$$

$$t = 0.118 \text{ in.}$$

el espesor será: t + factor de fricción

$$t_s = 0.118 + 0.125 = 0.243 \text{ in} = 1/4 \text{ in.}$$

Espesor de la parte cónica.

El espesor de la parte cónica es de 3/15 in.

-Cálculo de la Superficie de Calentamiento.

El tipo de calentamiento introducido en estos alambiques es mediante cilindros pequeños que proporcionan un coeficiente de Transferencia de Calor mayor que el tabulado para serpentines

del mismo material.

Para el cálculo de la superficie de calentamiento utilizaremos la ecuación de Fourier, despejando de ella el área:

$$A = \frac{Q}{U \Delta T}$$

El calor "Q" necesario para la destilación está comprendido por: (a).- El utilizado para llevar el mosto desde la temperatura de precalentamiento hasta su punto de ebullición, y, -- (b).- El calor utilizado para evaporar el mosto.

(a).- El calor sensible para llevar la solución hasta su punto de ebullición.

Se alimentan 4,000 l de mosto con una densidad aproximada de 1.1 kg/dm^3 , lo que representa una masa de 4,400 Kg.

El mosto contiene una riqueza alcohólica que varía entre 5 y 9% en volúmen, dependiendo del fabricante. Consideramos el caso en el que la riqueza alcohólica es menor, obteniendo así el valor máximo que nos dá un margen de seguridad.

La temperatura de ebullición del Alcohol Etilico es de 78.3°C y la del agua 98°C . El Cp del alcohol es de $0.68 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$ y el Cp del agua es la unidad.

$$H = 4,400 \text{ Kg} \left[.05 \times 0.68 (78.3 - 45) + .95 \times 1 \times (98 - 45) \right]$$

$$H = \text{Kg} \left[\text{Kcal/kg}^\circ\text{C} \times ^\circ\text{C} + \text{Kcal/Kg}^\circ\text{C} \times ^\circ\text{C} \right]$$

$$H = 226,521.68 \text{ Kcal/h}$$

(b).- El calor necesario para evaporar la solución la obtenemos mediante el calor de vaporización.

$$\text{moles de Agua: } \frac{4,400 \times 0.95}{18} = 232.2$$

$$\text{moles de Etanol: } \frac{4,400 \times .05}{46} = 4.78$$

$$H = 4.78 (204.6) + 232.2 (9729) / 1,000$$

$$= ((\text{mol} \times \text{cal/mol}) + (\text{mol} \times \text{cal/mol})) \text{ Kcal/cal}$$

$$H = 2,260.26 \text{ Kcal}$$

El calor será:

$$Q = H_a + H_b = 228,781.94 \text{ Kcal}$$

- Cálculo de la ΔT_{ml}

$$T_{ml} = \frac{(E_v - S_m) - (S_v - E_m)}{\ln \left(\frac{E_v - S_m}{S_v - E_m} \right)}$$

Donde: E_v es la temperatura de entrada del vapor y es de 118 °C
 S_v es la temperatura de salida del vapor y es de 108 °C
 E_m es la temperatura de entrada del mosto y es de 45 °C
 S_m es la temperatura de salida del mosto, su valor máximo es de 98 °C

Sustituyendo los valores en la ecuación obtenemos:

$$T_{ml} = \frac{20 - 63}{\ln 20/63} = 37.476$$

- -Cálculo del Coeficiente de Transferencia.;

De las diferentes ecuaciones que se utilizan para el cálculo de coeficientes de transferencia, escogimos la Ecuación de Chilton Generaux y Vernon para tubos con una longitud mayor de 2 ft. (0.6096 m)

La longitud de los cilindros está limitada por la altura que ocupan las colas en la destilación, que son aproximadamente el 50% del volumen destilado. La altura de los tubos será:

$$h = \frac{4 V}{d^2 \times \text{Pi}} = \frac{4 \times 6 \text{ m}^3}{6.25 \times 3.1416} = 1.22\text{m} = 4.009 \text{ ft.}$$

La ecuación que nos dá el Coeficiente de Transferencia - es:

$$U_c = \frac{h_i h_c}{h_i + h_c} \quad \text{donde } h_i \text{ vale } 1,500 \text{ para calentamiento con vapor.}$$

h_c se calcula mediante la relación de Chilton Colburn, Generaux y Vernon, que es:

$$h_c = 116 \frac{K^3 \rho^2 C B \Delta T}{\mu_f' d_o} \quad \text{Btu/h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

donde las literales significan:

- K = a la conductividad térmica, y su valor es de $\text{Btu/hft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$
- ρ = a la densidad del vapor, y su valor es de $9.8 \times 10^{-2} \text{ lb/f}$
- C = a el calor específico y su valor es de $1.0 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$
- B = a el coeficiente de expansión térmica y su valor es $0.31 \times 10^{-4} \text{ 1/ } ^\circ\text{F}$
- μ_f' = a la viscosidad en centipoises, y su valor es de 0.014 cp
- ΔT = a la diferencia entre la temperatura del mosto y la del vapor, y su valor es de 73°F
- d_o = a el diámetro exterior del cilindro en pulgadas.

Como no conocemos el área de calentamiento, no sabemos el valor del diámetro de los cilindros, por lo que plantea-

mos la siguiente secuencia de cálculo:

- 1.- Suponemos un diámetro exterior de los cilindros.
- 2.- Calculamos con este diámetro el valor de h_c
- 3.- Calculamos el valor de U_c
- 4.- Con el valor de U_c sustituido en la Ecuación de - Fourier, calculamos el área de transferencia.
- 5.- Calculamos el radio dado por el área de transferencia del cilindro. Si está dentro de una variación - del 1 % valor supuesto, lo tomamos como correcto, de lo contrario empezamos de nuevo en el paso uno.

1a. Suposición:

Suponemos un radio r_o de 0.1057 m, con este radio obtenemos un diámetro interno de 8.323 in. Sustituyendo en la Ecuación de Chilton, Colburn obtenemos un valor de h_c de - 156.0883, al sustituir en la relación de U_c obtenemos un valor de 141.377 Btu/h°F ft² o sea 689.92 Kcal/h m² °C.

Al sustituir este valor en la Ecuación de Fourier obtenemos un área de transferencia de 8.848 m², la que al dividirse entre el número de cilindros empleados, (cinco) obtenemos que es de 1.7696 m²/cilindro.

Substituyendo el valor del área obtenido para un cilindro tendremos el valor real del radio:

$$A = 2 \text{ Pi } h \left[r + (r - 0.0127) \right] \text{ donde el valor de } 0.0127$$

es el grosor entre las paredes del cilindro.

$$r = \frac{1.7696 \text{ m}^2}{(2 \times 3.1416 \times 1.9873 \times 1.22) \text{ m}} = 0.11617 \text{ m}$$

Tabulando los valores obtenidos en el sistema de cálculo planteado obtenemos:

Radio m	d _o en in	U _c Btu/h ft ² °F	U _c Kcal/h m ² °C	Area m ²	Radio m
0.1057	8.323	141.377	689.98	8.848	0.11617
0.11617	9.1472	138.382	675.3063	9.04	0.11868
0.11868	9.3449	137.713	672.037	9.0839	0.11926
0.11926	9.39	137.562	671.303	9.0939	0.11939
0.11939	9.401	137.526	671.128	9.0962	0.11942

Los cilindros tendrán teóricamente un radio exterior de - 0.11942 m y un radio interior de 0.09402 m. Para fines prácticos, los radios de los cilindros serán de 0.12m y 0.095 m respectivamente, los cuales proporcionan una superficie de calentamiento de 9.1 m².

El acomodamiento de los cilindros dentro del cuerpo del - alambique será en forma cuadrado, donde los cilindros se sitúan en las esquinas del cuadrado, y el quinto cilindro en el centro.

Esta forma de acomodar los cilindros nos proporciona una transmisión de calor más uniforme, evitando zonas muertas o sea zonas sin calentamiento.

- Cálculo de los Alambiques Refinadores:

Los alambiques utilizados para refinar el Tequila Ordinario son de las mismas dimensiones que los Alambiques Destrozadores. La capacidad de cada alambique es de 12,000 l.

El número de Alambiques Refinadores que utilizamos para satisfacer la producción fijada es de tres. El tiempo utilizado para refinar una carga de Ordinario es de 5 a 6 h, de las cuales se utiliza una hora aproximadamente entre carga y limpieza del alambique.

La temperatura de trabajo es de 210 °F, (99°C), la presión de trabajo es de 2 Kg/cm² bajando a 1.5 Kg/cm² al finalizar la refinación.

- Cálculo del calor necesario para la Refinación:

El calor utilizado para la refinación está comprendido por el calor necesario para llevar el Ordinario hasta su punto de ebullición y por el calor necesario para evaporarlo. (5,10)

El calor necesario para llevar hasta su punto de ebullición 3,000 l/h de Ordinario, cuya densidad es de 0.963 Kg/l está dado por la ecuación:

$$H = m C_p \Delta T$$

El valor de m es de 2889 Kg/h, el valor del C_p para el Alcohol Etilico es de 0.68 Kcal/Kg °C, el del Agua es 1 Kcal/kg °C (17).

El punto de ebullición del Alcohol Etilico es de 78.3 °C y el del Agua 90°C.

Substituyendo estos valores en la relación tenemos:

$$\begin{aligned} H &= 2,889 (0.32 \times 0.68 \times 78.3 - 25 + 0.68 \times 98 - 25) \\ &= \text{Kg/h} [(Kcal/Kg \text{ } ^\circ\text{C}) (\text{ } ^\circ\text{C}) + Kcal/Kg \text{ } ^\circ\text{C}) (\text{ } ^\circ\text{C})] \end{aligned}$$

$$H = 176,916.81 \text{ Kcal/h}$$

El calor utilizado para evaporar el Ordinario está dado por la ecuación..... $H = n h_v$

La entalpia de vaporización del Alcohol Etílico es de 204.6 cal/mol y el número de moles está dado por la relación:

$$\frac{2889 \text{ Kg} \times 0.32}{46 \text{ Kg/mol}} = 20.0974 \text{ moles}$$

La entalpia de vaporización para el Agua es de 9729 cal/mol y el número de moles que hay presente son:

$$\frac{2889 \text{ Kg} \times 0.68}{18 \text{ Kg/mol}} = 109.14 \text{ moles}$$

$$H = 20.1 (204.6) + 109.14 (9729)$$

$$= \text{mol} \times \text{cal/mol} + \text{mol} \times \text{cal/mol}$$

$$H = 1'065,935.4 \text{ cal} = 1,065.935 \text{ Kcal}$$

El calor total necesitado es:

$$Q = 177,985.74$$

Para saber si el área de calentamiento de los cilindros utilizados en los alambiques destrozadores, satisface la demanda de calor en los alambiques refinadores, se hace el cálculo del área. (5,17)

Para este cálculo es necesario conocer la ΔT_{ml} para que sustituyendo los valores en la Ecuación de Fourier obtener el área.

El vapor entra a una temperatura de 118°C y sale a 108°C, el Ordinario entra a una temperatura de 25°C y la máxima temperatura que puede alcanzar es 98°C.

$$\Delta T_{ml} = \frac{20 - 83}{\ln 20/83} = 42.16$$

Sustituyendo en la Ecuación de Fourier:

$$A = \frac{Q}{U \Delta T_{ml}} = \frac{177,985}{671 \times 42.16} = 6.29 \text{ m}^2$$

El área necesaria es menor que la que proporcionan los cilindros utilizados en el alambique destrozador, por lo que se tiene un margen de calor que nos ayudará a refinar Ordinarios que tengan un menor grado alcohólico.

La ubicación de los cilindros en el cuerpo del alambique es idéntica a la que tienen en los alambiques destrozadores.

En las ilustraciones se describe la forma de los alambiques, el acomodo de los cilindros en su interior, así como sus dimensiones.

g).- Bombas y Tuberías.

Para el manejo de aguardientes y mostos en grandes volúmenes el empleo de bombas de tipo centrífugas de pistón es lo más adecuado. Las partes de la bomba y sus conexiones que tengan contacto con el mosto y con el tequila, deben de ser de acero inoxidable o bronce de alta calidad para evitar tanto la contaminación de los productos como el ataque de éstos sobre el metal.

La selección de las bombas más adecuadas en la industria enológica se basa en varios factores:

1.- Datos del Producto

- a).- Líquido a manejar: mostos, ordinario y tequila

- b).- Viscosidad a la temperatura de bombeo:
La máxima en mostos es de 2.0 cp
 - c).- Gravedad específica: variable.
 - d).- Corrosión.
- 2).- Gasto volumétrico.
- Presión de descarga.
- Características de la tubería de succión y descarga.
- Tipo de motor.
- Frecuencia, voltaje y fases.
- Horas de operación al día.

Existen varios tipos de bombas de trasiego para la industria destiladora, y generalmente se encuentran montadas sobre carretillas que permiten fácil traslado a los distintos departamentos de la fábrica.

Las características esenciales de la bomba de trasiego típica para manejar este tipo de líquidos son:

- Cuerpo de bronce fosforizado.
- Inversor de succión y descarga.
- Flecha de acero inoxidable 316.
- Filtro interno removible.
- Autocebado.
- Baja velocidad (1,450 rpm.).
- Montaje sobre carretillas.

Para satisfacer las necesidades de la fábrica en cuanto a trasiegos, se requiere de una flotilla de 5 bombas mon-

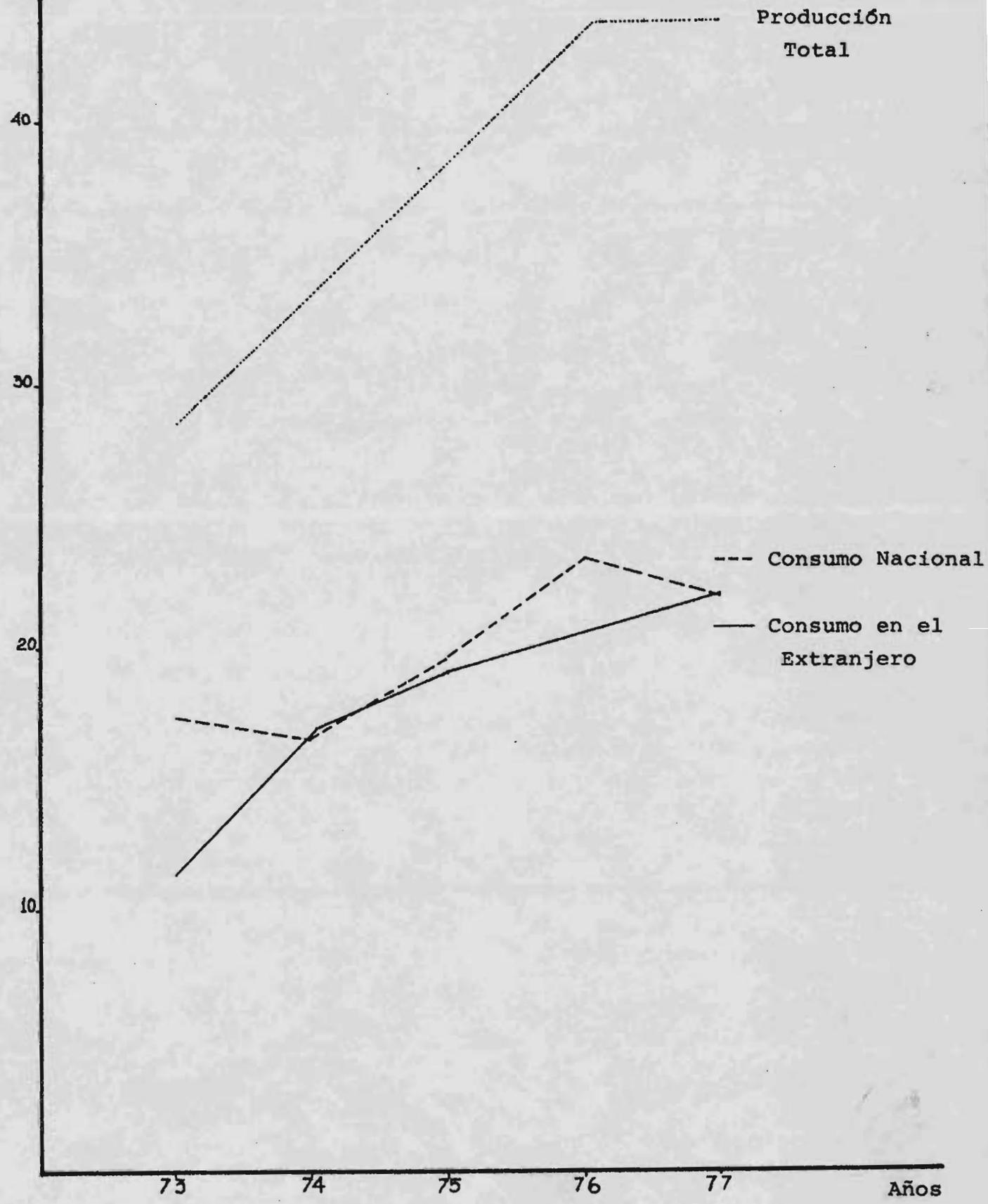
tadas sobre carretillas con las características anteriores, y cuya succión y descarga laterales sean de 51 mm ó sea 2 in.

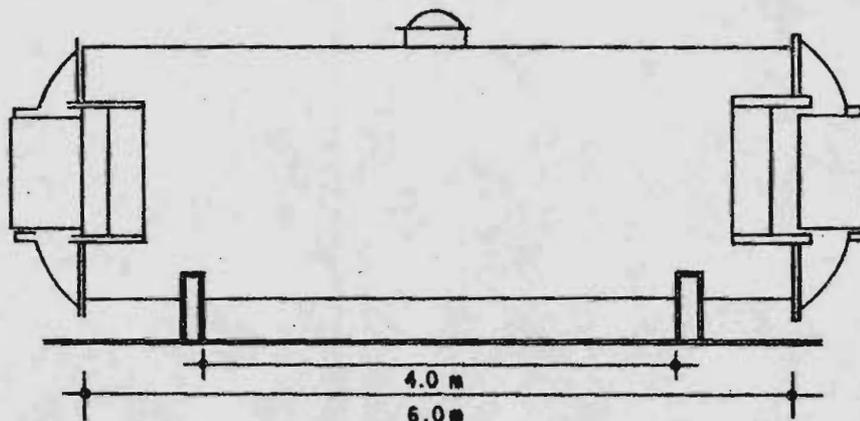
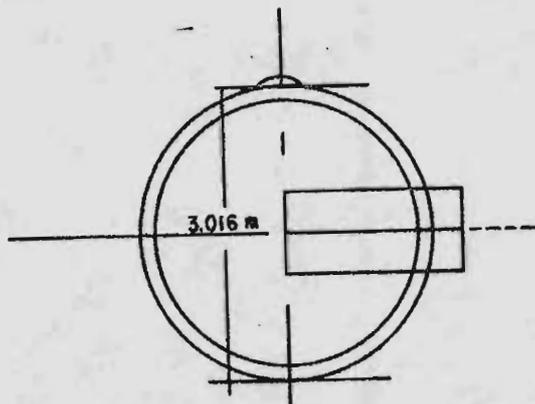
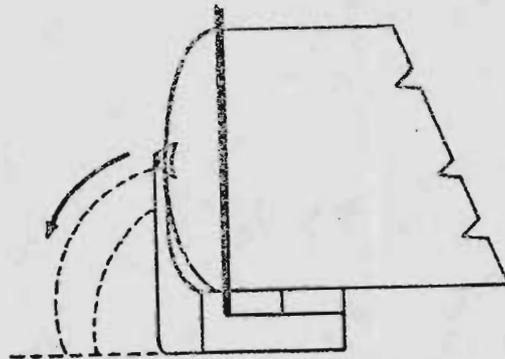
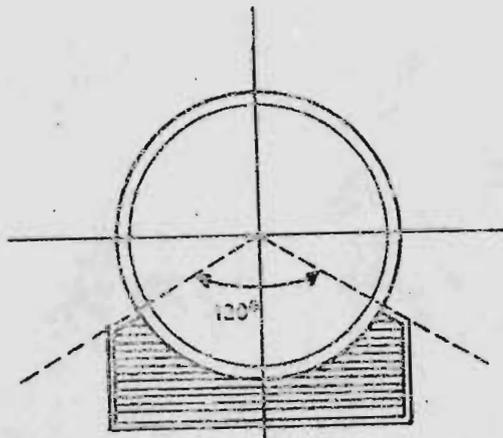
En los trasiegos de mostos, ordinarios y tequila, generalmente se emplean mangueras de plástico neutro libres de malos olores y sabores, que son enjuagadas en su totalidad después de su uso y colocadas en un bastidor para desaguar y secar.

En el traslado de los mostos ajustados a los tanques de fermentación, ó de un tanque a otro, es frecuente utilizar tuberías fijas. Estas tuberías suelen ser de PVC; acero inoxidable, y en algunos casos de vidrio Pyrex, las cuales se encuentran montadas en secciones de fácil limpieza. El uso de tuberías fijas en los equipos de mayor trabajo nos permite una limpieza rápida y una mayor higiene en el manejo de los productos.

Millones de litros

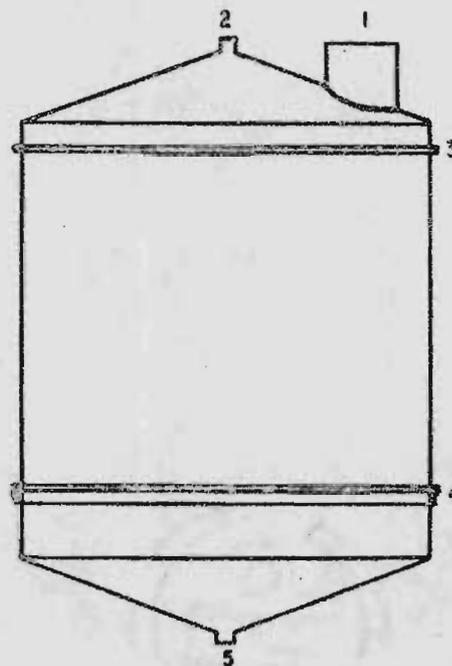
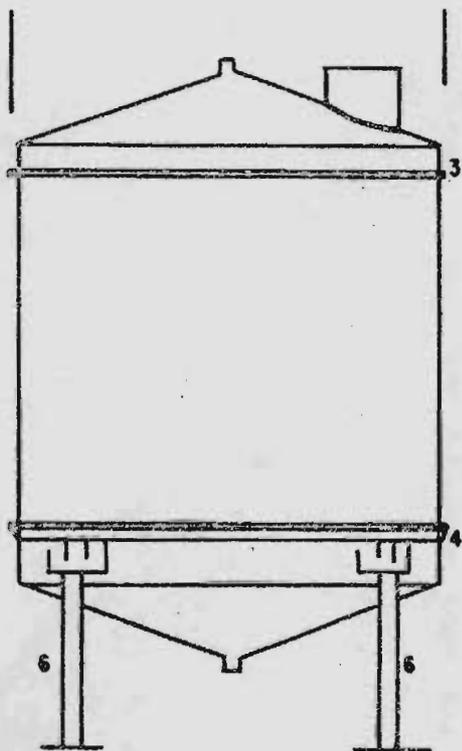
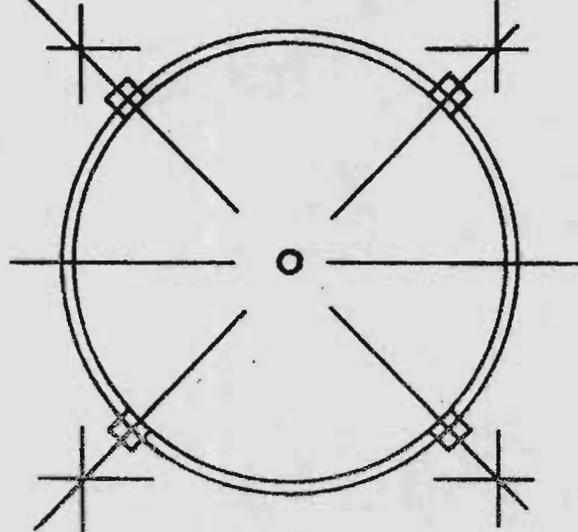
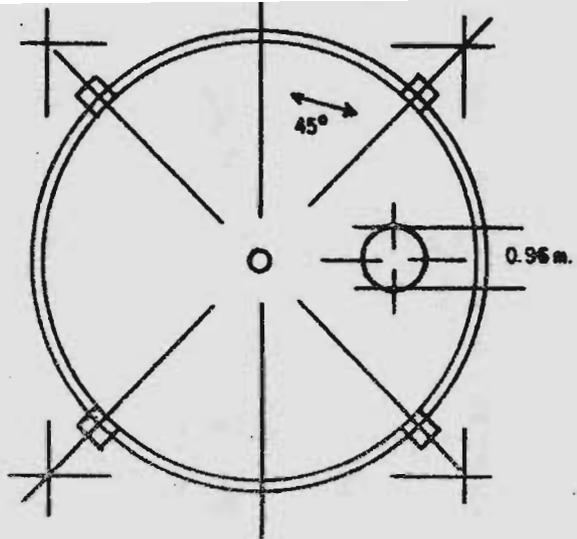
Tequila





DEPARTAMENTO DE AUTOCLAVES
AUTOCLAVE, VISTA FRONTAL Y LATERAL
ANTEPROYECTO DE ACTUALIZACION EN LA
ELABORACION DE TEQUILA. MODIFICACIONES
EN SUS APARATOS DE DESTILACION. CONTROL
QUIMICO. ELVA COURET ESPIROZA
JUAN MANUEL ARJONA GRANADOS

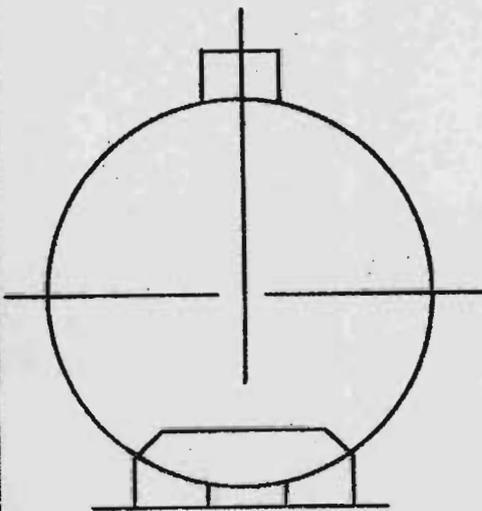
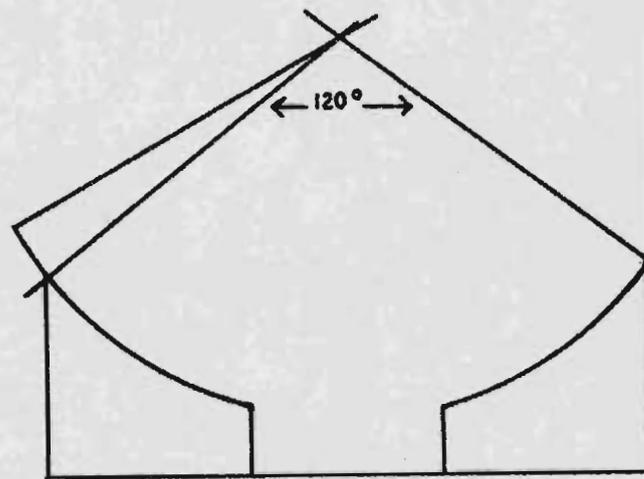
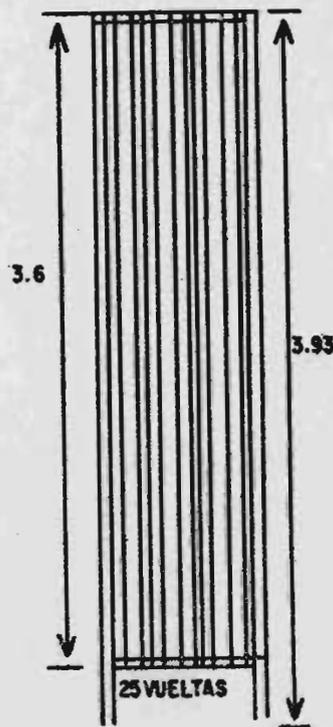
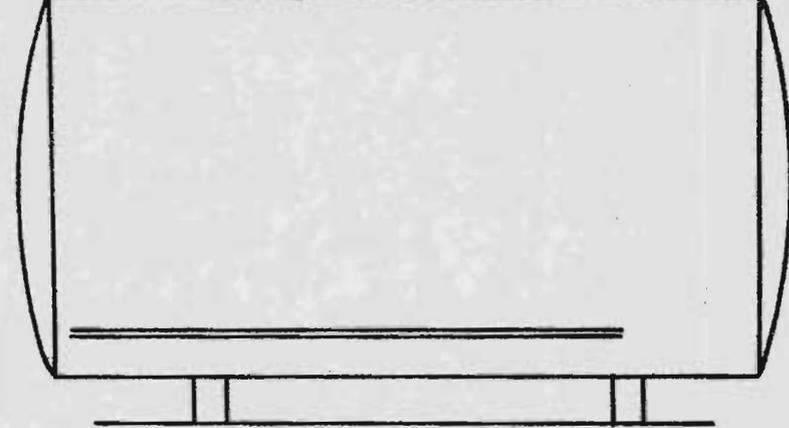
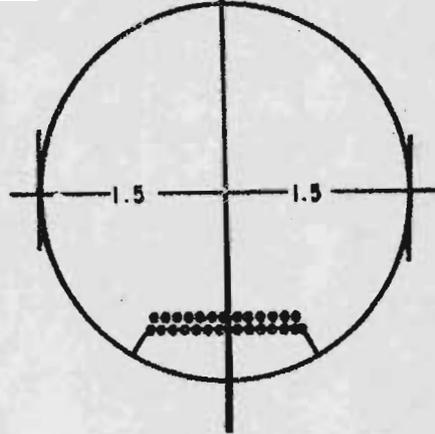
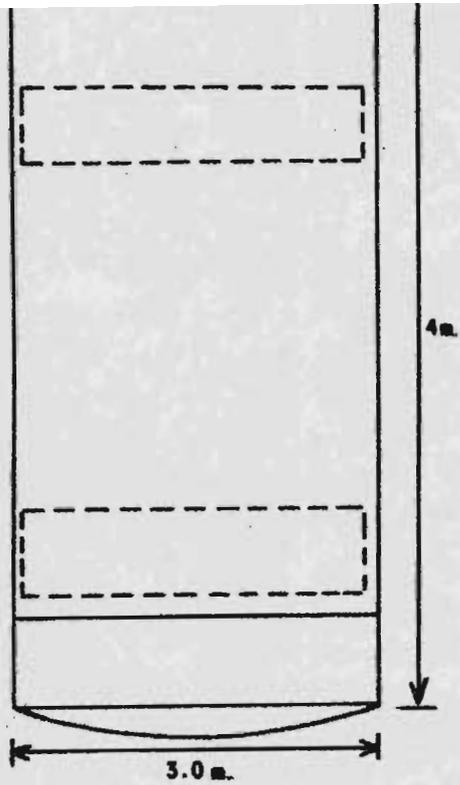
421



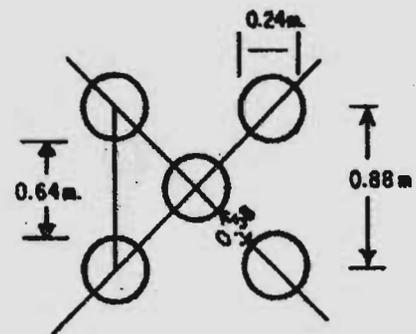
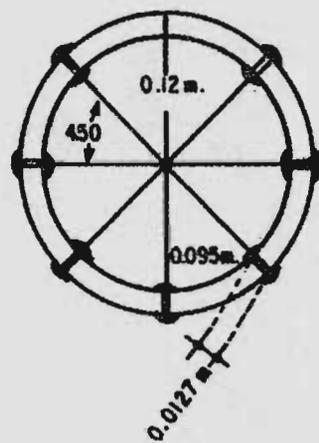
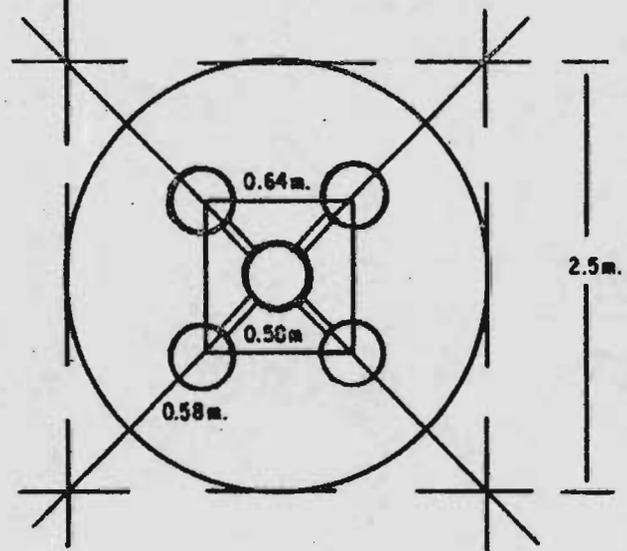
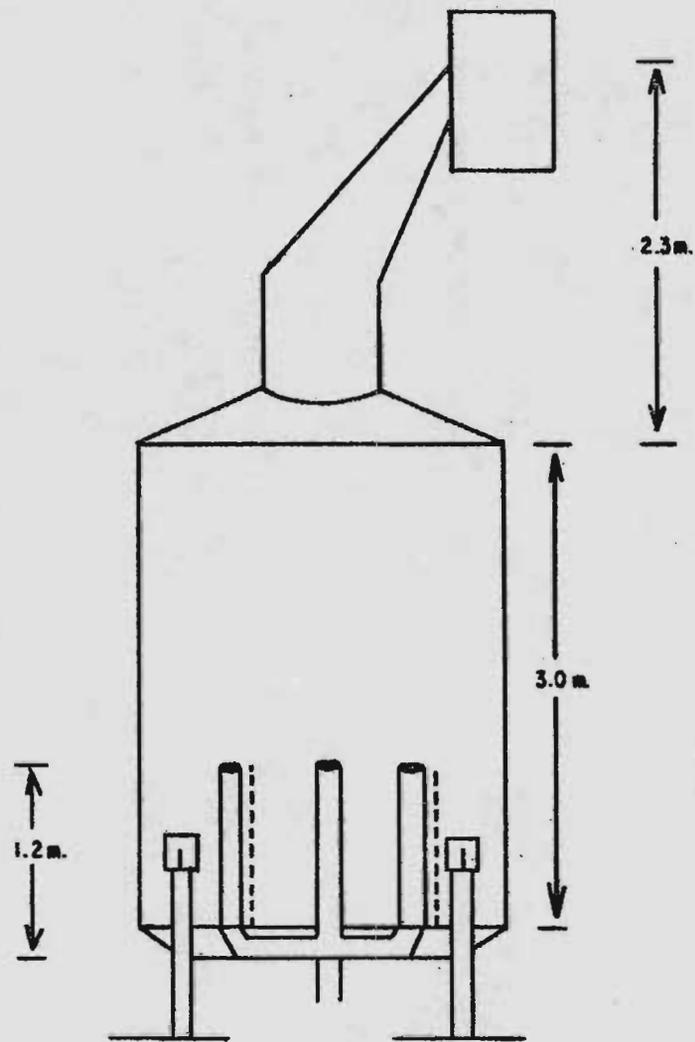
SALA DE FERMENTACION

-TINAS DE FERMENTACION-

- 1. BOCA TAPA SUPERIOR
- 2. REGISTRO AUXILIAR
- 3. TUBO ROCIADOR
- 4. CANAL COLECTOR
- 5. UNION PARA DESCARGA



SALA DE FERMENTACION
 TANQUE PRECALENTADOR Y SU SERPENTIN
 CALEFACTOR.



SALA DE DESTILACION
ALAMBIQUES Y SISTEMA DE
CALENTAMIENTO

CAPITULO VI

ESTIMACION DE COSTOS

Se hará un pronóstico para encontrar la costeabilidad - de una fábrica de tequila. Primeramente, se establecerá la Inversión Fija empleando el método basado en los costos unitarios, según presupuesto de construcción y cotizaciones recientes de maquinaria y equipos, tuberías, conexiones, accesorios, etc.

A). INVERSION FIJA.

- | | | |
|-----|---|------------|
| I. | a. Costo del terreno. Con el fin de tener una idea en lo que se refiere al valor de éste, se ubicó en una zona alrededor de la Ciudad - de Atotonilco, Jalisco, donde se cotiza aproximadamente en \$30.00 m ² , tomando en cuenta que la fábrica necesita espacio para futuras - ampliaciones, se consideran -----
15,000 m ² | 450,000.00 |
| | b. Nivelación del terreno. Se cotiza aproximadamente a \$4.25 m ² ; considerando 15,000 m ² | 63,750.00 |
| II. | Costo de edificios y construcciones. De acuerdo al plano anexo, necesitamos en general: | |
| | a. Edificio oficinas, comedor, laboratorio y superintendencia. | |
| | b. Departamento de autoclaves | |
| | c. Departamento de Molienda y Desmenuzado. | |

- d. Salas de Formulación, Elaboración y Propagación de levaduras.
- e. Sala de Fermentación.
- f. Sala de Destilación.
- g. Laboratorio de Control e Investigación.
- h. Depósitos de Maduración y Reposo.
- i. Almacen de Materias Primas.
- j. Depósito de Almacenamiento.
- k. Taller y Servicios.

Se estima para la superficie construida un costo de \$1,800.00 por m² en naves industriales; y de \$2,500.00 por m² para el cuerpo de oficinas. (44)

Se construyen 373.3 m² de oficinas con un costo de \$933,000.00 y 2,139 m² de naves industriales con un costo de -- \$3'850,200.00, lo que da un costo de construcción de:

\$4'783,200.00

III. Costo de Maquinaria y Equipo. Se hace el calculo para cada departamento.

a. Oficinas

Equipo de Oficina (32,33)	\$ 250,000.00
5 escritorios	\$60,000.00
3 calculadoras	\$45,000.00
3 maquinas de escribir	\$60,000.00
6 archiveros metálicos	\$30,000.00
1 sala de espera	\$15,000.00
1 sala de juntas	\$25,000.00
enseres menores	\$15,000.00

b. Patio de Maniobras. \$ 290,000.00

Una báscula "Revueltas" para pesar autotanques y camiones con capacidad de 50 ton. incluyendo caseta y cimentación.

c. Departamento de Autoclaves	\$1'000,000.00
3 autoclaves con capacidad de -- 7.5 ton., incluyendo bandas trans- portadoras e instalación mecánica (35)	
d. Departamento de Molienda y Desme- nuzado.	
- Tren de Molinos integrado por cua- tro juegos de molinos de 3 mazas. Cada juego de molinos esta provis- to de un motorreductor y motor, el costo incluye las instalaciones me- cánicas y obra civil (35)	\$ 900,000.00
- Desgarradora horizontal con capaci- dad de 7.5 ton., incluyendo bandas transportadoras e instalación (35)	\$ 75,000.00
- Centrífuga (separadora de sólidos) (36)	\$ 50,000.00
- Tuberías de Acero Inoxidable para conducir la extracción de jugos y mezclas provenientes de los Aga-- ves. 25 m. (40)	\$ 10,000.00
TOTAL:	<u>\$2'575,000.00</u>
e. Sala de Formulación, Elaboración y Propagación de levaduras.	
- Autoclave esterilizadora para mil litros, incluye accesorios (36)	\$ 75,000.00
- Dos tanques de Acero Inoxidable - para propagación de levadura, con capacidad de 500 y 5,000 l. (37)	\$ 50,000.00

- Una bomba de alimentación del mosto al tanque de ajuste, en Acero Inoxidable con Rotor de Cobre, de 10 Hp de potencia, provista de 2 in D _o (38)	\$	35,000.00
- Equipo de esterilización y propagación de levadura (envases, cajas petri, matraces, refrigerador y sustancias químicas) (39)	\$	30,000.00
- Dos tanques de Acero Inoxidable con capacidad de 30,000 l. empotrados - en desnivel, provisto de válvulas y conexiones. (37)	\$	380,000.00
TOTAL	\$	<u>570,000.00</u>

f. Sala de Fermentación

- 16 Tanques de Acero Inoxidable para fermentación de mostos con capacidad de 30,000 l. (37)		\$3'200,000.00
- Red de tubería fija P.V.C. de 2 in D _o para facilitar el transvase de mostos por gravedad e impulsación en los tanques en desnivel, salidas tipo para roscar, válvulas y - accesorios. (40)		
200 m. de tubería	\$ 110.00 c/m	
26 válvulas	\$1,200.00 c/u	
accesorios	\$6,800.00	\$ 60,000.00
- Tanque de precalentamiento con capacidad de 30,000 l. incluyendo sistema de precalentamiento y conexiones. (37)		\$ 275,000.00
- 5 Bombas Centrífugas para trasiego montadas sobre carretillas		

con succión y descargas laterales y motor eléctrico de 10 Hp, a \$40,000.00 cada una (38)

200,000.00

T O T A L :

3'735,000.00

g. Sala de Destilación.

- Ocho Alambiques de Acero Inoxidable con capacidad de destilación de 12,000 l. cada uno, incluyendo cilindros calefactores, remaches, conexiones y accesorios (37)

1'800,000.00

- Red de tubería P.V.C. de 2 in D₀ para la conducción y transbase de mostos, ordinario y Tequila terminado en la Sala de Destilación y en los Depósitos de Almacenamiento y Maduración. 225 m. (40)

25,000.00

- Una bomba de Alimentación de Mostos y Ordinario (38)

35,000.00

T O T A L :

1'860,000.00
=====

h. Laboratorio de Control e Investigación.

- Equipo de Laboratorio: Microscopio, estufa, balanza, centrifuga, agitador eléctrico, ebullo metro, material metálico, material

de vidrio y porcelana, solu- ciones valoradas, potenciómetro(39)	300,000.00
- Cromatógrafo con accesorios	<u>400,000.00</u>
T O T A L :	<u>700,000.00</u> =====

i). Depósitos de Maduración, Reposo y Almacenamiento.

- 10 Tanques de "Resina Poliester Visfenólica Atlac 382 reforzada con fibra de vidrio y velo ", - con capacidad de 50,000 l cada uno incluyendo conexiones, válvulas y accesorios	1'500,000.00
- 1,000 Barricas de Roble con ca- pacidad de 180 l. incluyendo - armado	<u>250,000.00</u>
T O T A L :	<u>1'750,000.00</u> =====

j). Taller y Servicios.

- 2 Calderas de 400 Hp incluyendo - tubería, fosas de purga, cimen- tación y accesorios	2'200,000.00
- Torre de enfriamiento marca -- " Lapsolite ", carcaza de F.R.P. interior de polietileno, venti- lador axial de 4 aspas y acceso- rios.	125,000.00
- Subestación eléctrica de 440 Kw con reductores a 220 Kw, trans-	

formadores e instalación	<u>200,000.00</u>
--------------------------	-------------------

T O T A L	<u>2'525,000.00</u> <u>=====</u>
-----------	-------------------------------------

<u>INVERSION FIJA</u>	<u>\$ 19'011,950.00</u> <u>=====</u>
-----------------------	---

IV. Costo de Instalación de Maquinaria y Equipo.

Consideramos el costo de instalación como el 10% del valor total de la maquinaria y equipo

1'346,500.00

INVERSION FIJA TOTAL

I. Costo del terreno y

nivelación	513,750.00
------------	------------

II. Costo de Edificios

y construcciones	4'783,200.00
------------------	--------------

III. Costo de maquina-

ria y equipo	13'465,000.00
--------------	---------------

a. Costo de equi-

po de oficina	250,000.00
---------------	------------

IV. Costo de Instala-

ción	1'346,500.00
------	--------------

V. Cargos diferidos por Gastos de Pre-

operación y Arranque. Se estima 5%

de la Inversion Fija.

950.597.50

TOTAL DE LA INVERSION FIJA

\$ 21'309,047.50

Para estimar el Costo de Producción, nos basaremos en los datos obtenidos en las industrias de este tipo.

B).- COSTOS DE PRODUCCION.

I. Costo de las materias primas básicas -
por un año.

a. Azúcar Mascabado.

Se utilizan 9,005 Kgs. de Azúcar/
día por 365 días / año = 3'286,825 Kgs.

El costo del azúcar es de \$5.20 -
Kilogramo puesto en fábrica, (43)

lo que dá un costo de \$17'091,490.00

b. Agave Tequilano Weber.

Se utilizan 40,500 Kgs. por día de -
agave / 365 días al año = 14,782,500 Kgs.

El costo del agave, variedad Alteño -
para la fábrica situada en las cerca-

nías de la Ciudad de Atotonilco es de
\$1.02/kg., lo que nos dá un costo de

\$ 15'078,150.00

Costo total materias primas básicas 32'169,640.00

II. Costo de las materias primas accesorias
por un año.

Substancias químicas, tierra de Diatomeas,
Nutrientes, etc. Estimadas en 1% del -

costo de las materias primas básicas 321,696.00

III. Mano de Obra Directa por un año.

- a. 15 obreros de planta a \$3,500.00
cada uno por mes = \$630,000.00
- b. Un mecánico de mantenimiento, a
\$6,000.00 mensuales = \$72,000.00
- c. Un velador y un vigilante a - -
\$3,900.00 mensuales cada uno =
\$93,600.00
- d. Dos bodegueros a razón de - -
\$3,500.00 mensuales cada uno =
\$ 84,000.00
- e. Tres obreros eventuales, a - -
\$3,500.00 mensuales cada uno =
\$126,000.00

Costo total Mano de Obra Directa 1'005,600.00

IV. Mano de Obra Indirecta por un Año

- a. Un Gerente de Producción y Su-
perintendente General (Ingenier
ro Químico) a \$18,000.00 men-
suales = \$ 216,000.00
- b. Un Ingeniero de Producción a
\$12,000.00 mensuales = -
\$144,000.00

- c. Un Laboratorista para análisis
de control \$ 8,000.00 mensuales
= \$ 96,000.00

Costo total Mano de Obra Indirecta 456,000.00

V. Prestaciones.

- a. Las prestaciones sobre Mano de
Obra Directa se estima como el
20 % del total de ésta = - -
\$ 201,120.00

- b. Las prestaciones sobre Mano de
Obra Indirecta, se estiman co-
mo el 20% del total de ésta =
\$91,200.00

Todas estas prestaciones incluyen
Seguro Social, Aguinaldos, Incenti-
vos por Producción, Infonavit y otros

Costo total Prestaciones \$ 292,320.00

VI. Servicios.

- a. Electricidad, según datos expe-
rimentales para una capacidad ~
diaria de 15,000 l. a razón de
25 centavos por Kw \$200,000.00
- b. Agua, según datos experimentales
por año = \$30,000.00 entrada 8"
Registro S.A.R.H.
- c. Combustible para caldera según -
datos experimentales a razón de
\$0.3662 /l. combustible.

Se utilizan aproximadamente 0.55 l. comb.
 por l. teq. más una cant. de gas de arranque
 = \$1'145,000.00

Costo Total Servicios 1'375,000.00

VII. Mantenimiento. Estimamos el mantenimiento como el 5% de la Inversión Fija 826,000.00

VIII. Accesorios. Se estiman como el 15% del costo de Mantenimiento 123,900.00

IX. Gastos Indirectos de Planta (Seguros Impuestos, etc.)
 Se estiman como el 6% de la Inversión Fija 991,200.00

X. Amortización de los gastos de Preoperación y Arranque. Se estima como el 10% de los gastos 95,000.00

XI. Depreciación.

Dentro de las depreciaciones autorizadas por las leyes fiscales aplicamos los siguientes porcentajes:

a. Edificios y construcciones 5% =
 \$ 239,160.00

b. Mobiliario y Equipo de Oficina 10%=
 \$ 25,000.00

c. Maquinaria y Equipo 10% = - -
 \$ 1'346,500.00

Total Depreciación \$1'610,660.00

COSTO TOTAL DE PRODUCCION\$39'267,076.00

Este valor representa el costo total de producción de la fábrica trabajando a una capacidad de diseño de 15,900 l. diarios de Tequila.

Haciendo una separación de Costos Fijos y Costos Variables, establecemos las ecuaciones que representan los Costos de Producción para la capacidad diseñada.

A. COSTOS VARIABLES:

1o.	Materias Primas Básicas	32'169,640.00
2o.	Materias Primas Accesorias	321,696.00
3o.	Mano de Obra Directa (50%)	502,800.00
4o.	Prestaciones sobre Mano de Obra Directa en el porcentaje del 50%	100,560.00
5o.	Servicios	1'375,000.00
	TOTAL COSTOS VARIABLES	34'469,696.00

Para calcular los Costos Variables Unitarios, los totales obtenidos los dividimos entre la cantidad de Tequila producido en un año:

$$\text{Costos Variables Unitarios} = \frac{\$34'469,696.00}{5'803,500 \text{ l. Tequila/año}}$$

$$\text{Costos Variables Unitarios} = \$5.93947/\text{l. teq.}$$

B. Costos Fijos:

1o.	Mano de Obra Directa (50%)	502,800.00
2o.	Prestaciones Sobre Mano de Obra Directa (50%)	\$ 100,560.00
3o.	Mano de Obra Indirecta	456,000.00
4o.	Prestaciones Sobre Mano de Obra Indirecta	91,200.00
5o.	Mantenimiento	826,000.00
6o.	Accesorios	123,900.00
7o.	Gastos Indirectos de Planta	991,200.00
8°	Amortización	95,060.00
9°	Depreciación	\$1'610,660.00
	TOTAL COSTOS FIJOS	\$4'797,380.00

Considerando la ecuación $Y = a + bx$ como la ecuación representativa de los Costos de Producción de la fábrica.(28)

Donde:

a = Costos Fijos

b = Costos Variables Unitarios

x = Cantidad de Tequila en volúmen

Sustituyendo la ecuación, el costo de Producción será:

$$Y = \$4'797,380.00 + \$5.93947/1. \text{ teq. } X$$

C. PUNTO DE EQUILIBRIO.

Con los resultados anteriores, y considerando los precios netos del Tequila a granel en el mercado, estimaremos el Punto de Equilibrio de la fábrica mediante la ecuación:

$$X = \frac{a}{P - b}$$

Donde:

X = al volúmen de Tequila en el Punto de Equilibrio

P = Precio neto de Venta del Tequila.

Los costos Fijos están determinados en \$

Consideramos el Precio de Venta entre los menores del Mercado por ser una marca nueva y con la finalidad de poder acaparar el porcentaje estimado, fijamos el Precio de Venta neto en \$15.00 por litro de Tequila.

Los Costos Variables Unitarios están determinados en \$5.927 substituyendo la ecuación obtenemos:

$$X = \frac{\$4'797,380.00}{\$10.00/l. \text{ teq.} - \$5.93947/l. \text{ teq.}} = 1'181,466.4 \text{ l.}$$

Punto de Equilibrio a Nivel de Utilidad Bruta.

El Punto de Equilibrio a nivel de Utilidad Bruta es la relación del Punto de Equilibrio y la Producción Total=1'181,466.4 l. entre 5'803,500 por 100 y ésto es igual al20.357%de la producción.

Estimación de un Estado de Pérdidas y Ganancias basado en datos prácticos como son: Precio de Venta, Descuentos, Gastos de Administración, Gastos de Venta, etc. De esta forma obtendremos una Utilidad Neta Teórica en un año de operación.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

1.-	Venta Facturada.- Suponiendo que la cantidad producida es igual a la cantidad vendida: 5'803,500 litros de Tequila a \$10.00 el litro	58'035,000.00	
2.-	Descuentos y Devoluciones.- Se estima en un 10% sobre la Venta Facturada	5'803,500.00	
	<u>Total Venta Neta</u>		52'231,500.00
3.-	Costo de lo Vendido.- Será el costo total - de producción	39'267,076.00	
	<u>Total Utilidad Bruta</u>		12'964,424.00
4.-	Gastos de Administración y Ventas.- Se estima en un 10% de la Venta Neta	5'223,150.00	
	<u>Total Utilidad de Operación</u>		7'741,274.00
5.-	Impuesto Sobre la Renta y Reparto de Utilidades. Se estima en el 50% de la utilidad de operación	3'870,637.00	
	<u>Utilidad Neta estimada en un</u> <u>Año de Operación</u>		3'870,637.00

Tabla de costos versus cantidad producida anualmente

Litros de tequila	Costo (\$)	Costo unitario*
0	4'797,380.00	-----
1'000,000.00	10'736,380.00	10.73685
2'000,000.00	16'676,320.00	8.33816
3'000,000.00	22'615,790.00	7.53859
4'000,000.00	28'555,260.00	7.13882
5'000,000.00	34'494,730.00	6.89895
6'000,000.00	40'434,200.00	6.73903
1'181,466.40	11'814,664.00	10.000
5'803,500.00	39'267,076.00	6.7661

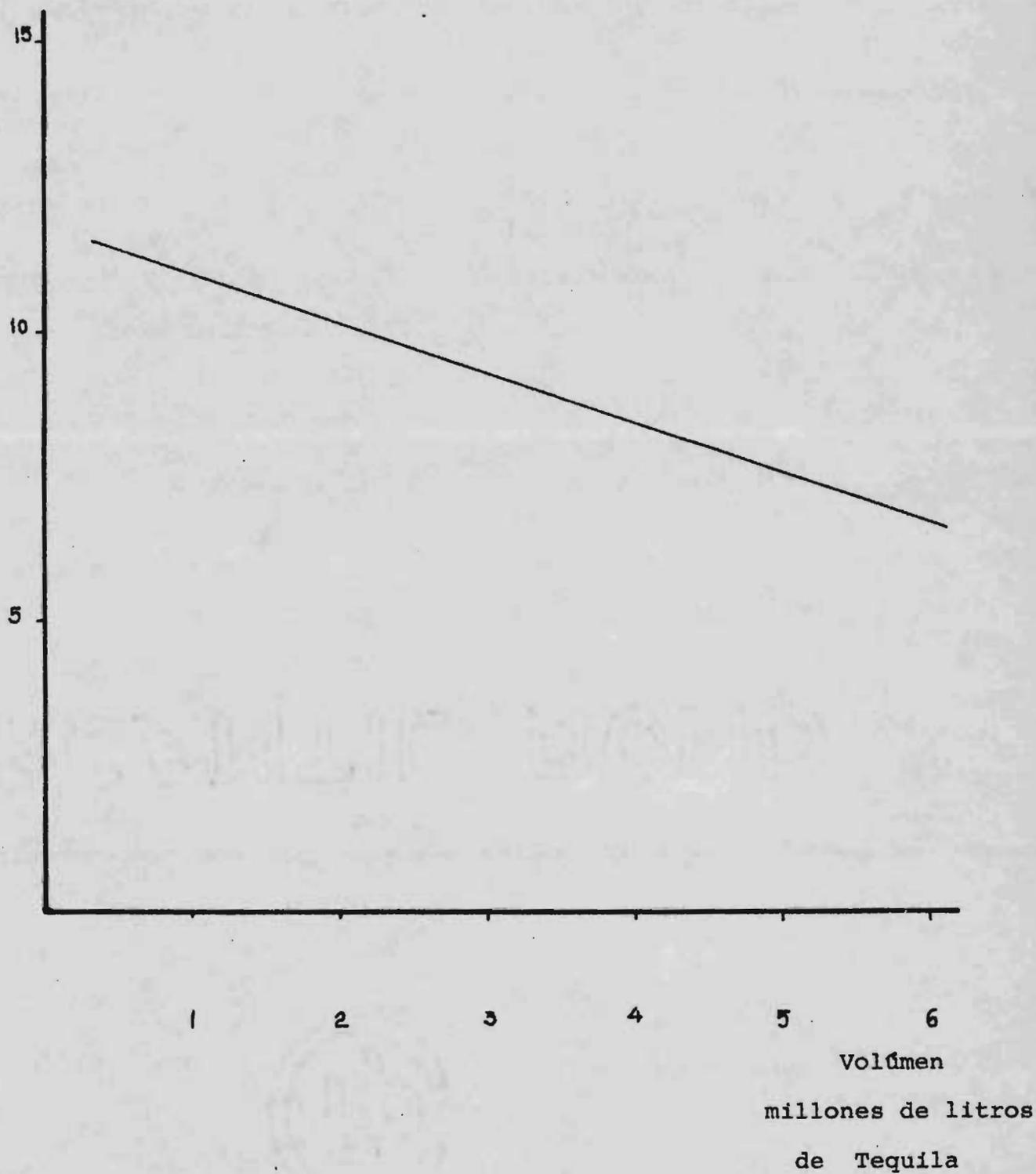
Tabla de ventas versus cantidad de tequila

Litros de tequila	Ventas (\$)
1'000,000	10'000,000.00 16,00
2'000,000	20'000,000.00
3'000,000	30'000,000.00
4'000,000	40'000,000.00
5'000,000	50'000,000.00
6'000,000	60'000,000.00

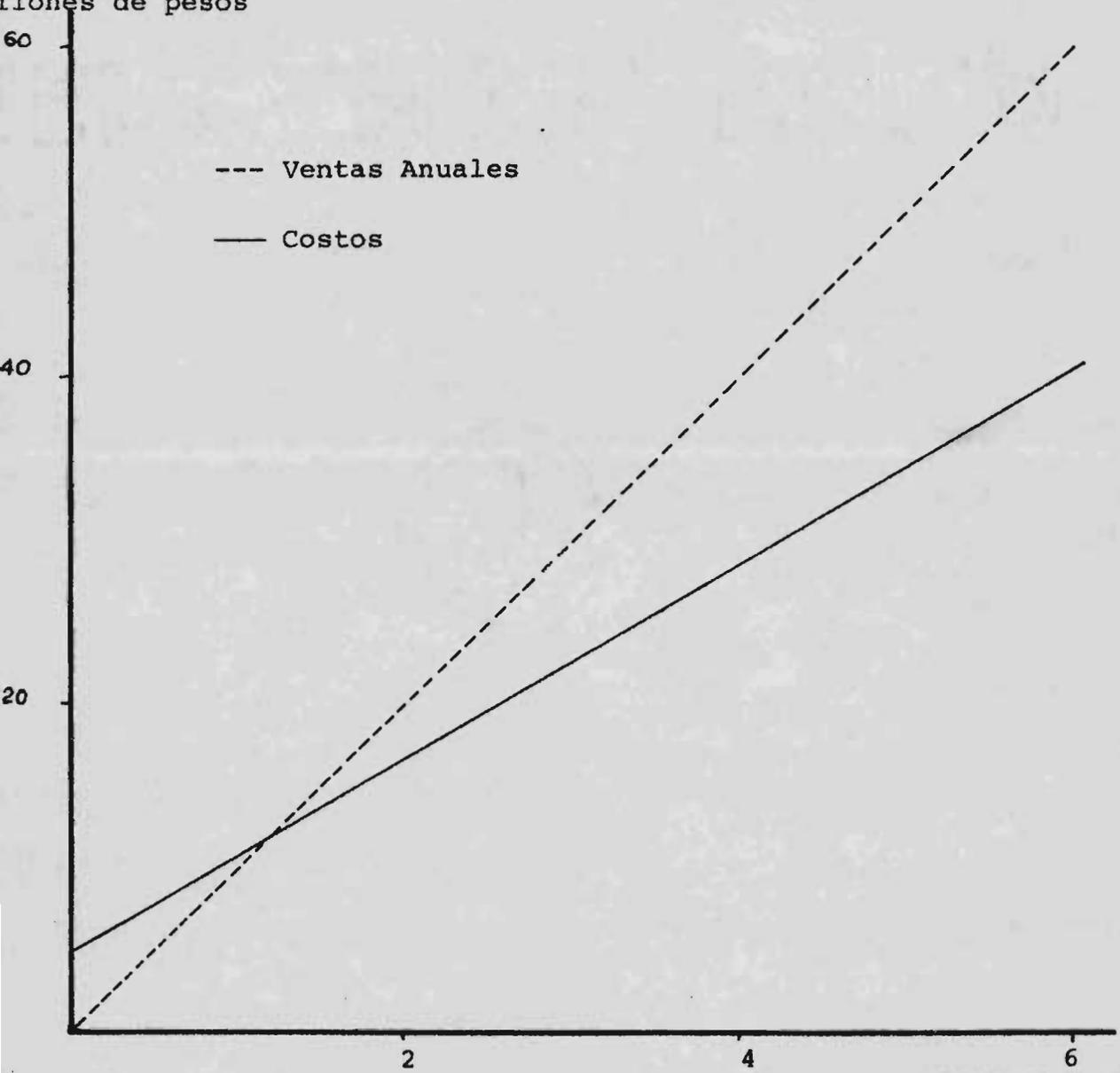
* \$ /l tequila 55°G L

El capital de trabajo no se estima, por lo cual no se inclu
yen gastos financieros en el estado de Pérdidas y Ganancias,
así como la Rentabilidad Teórica de la fábrica.

Costo Unitario del
Tequila en pesos



Costos ó Ventas Anuales
millones de pesos



Volúmen de Tequila
producido anual-
mente.
millones de litros

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I.- El *Agave tequilana* Weber, var. azul no es la única especie utilizada para la producción de tequila, ya que también son utilizadas: *Agave longisejala* Tod, *Agave palmaris* Trel, *Agave pismulae* Trel, *Agave pseudotequilana* Trel y *Agave subtilis* Trel; por lo que se sugiere que es necesaria la creación de un laboratorio de control que supervise las zonas de cultivo de *Agave tequilana* Weber, var. azul, la calidad y mejoramiento de éste, con el fin de que no se utilice otro tipo de *Agave*.

Se concluye también que es de suma importancia escoger bien el terreno para la siembra con el fin de obtener mejor producción del cultivo y evitar el "barbeo" en exceso para prevenir enfermedades fungosas y bacterianas.

Otra conclusión que se puede obtener de este estudio, es que el procedimiento de reproducción del *Agave* por semilla no es usado porque inutiliza a los *Agaves* para la jima, pero sí se debería usar con fines experimentales para obtener el mejoramiento genético de éstos, lo cual daría las posibilidades de obtener *Agaves* para mayor producción, resistentes a enfermedades, cultivables en otros tipos de suelo, en fin, características que favorezcan la producción fácil y económica de este cultivo.

II.- La fermentación alcohólica es una de las principales variantes para un mayor aprovechamiento de la materia prima en la obtención de Alcohol Etílico, se puede concluir por los datos obtenidos que los microorganismos más utilizados en la misma son las levaduras, y según la literatura consultada es el género *Saccharomyces* el más utilizado, pero se sugiere que se debe aislar y propagar una buena levadura para obtener una mayor cantidad de Alcohol Etílico en el proceso de la fermentación, misma que debe provenir del *Agave tequilana* Weber, ya que se observa que no existen estudios que

se hayan hecho con estos fines. También se concluye que la influencia de los factores fisicoquímicos sobre la levadura es muy importante en el aislamiento y propagación de las mismas, por lo que es necesario tomarlos en cuenta.

III.- Se sigue utilizando equipo poco funcional y anacrónico en algunas fábricas, por lo que es fundamental para la industria tequilera actualizar el proceso de elaboración del tequila mediante la introducción de nuevas técnicas y modernos equipos, así como la creación de un laboratorio Químico y Químico Agrícola de Investigación.

Dentro de los equipos modernos que pueden utilizarse se pueden citar:

a) Los autoclaves que permiten un cocimiento más homogéneo y en menor tiempo que el utilizado en los hornos.

b) Los molinos continuos de 3 rodillos dispuestos triangularmente, de hierro fundido, con rayado tipo Krajewsky y tipo Fulton que dan una expresión de aproximadamente el 94-98% de los azúcares contenidos en las piñas de los Agaves.

c) Tinajas de Fermentación de Acero Inoxidable con enfriamiento proporcionado por un rociador, teniendo las ventajas de control de temperatura por medio de contacto exterior y facilidad para la limpieza.

d) Alambiques en los que la transmisión de calor necesario para la destilación, esta dada por una serie de pequeños cilindros, dispuestos en forma alternada impidiendo que existan zonas sin calentamiento; proporcionan una gran transferencia de calor obteniendo una mayor cantidad de tequila en menos tiempo.

IV.- Se concluye que las técnicas Oficiales usadas para las diferentes determinaciones de calidad del tequila requieren por lo general varias horas y son muy inseguros sus resultados. Además en la industria tequilera prevalece su uso, por lo que no hay un buen control de calidad, ya que, haciendo un

análisis cromatográfico de varios tequilas, siendo de la misma marca pero de diferente lote, no contienen las mismas cantidades de Metanol, Aldehidos, Esteres y Alcoholes Superiores.

También se puede concluir que la Cromatografía de Gases es un método rápido y sensible que debe usarse para controlar la separación de cabezas y colas en la destilación, lo que proporciona un tequila con características más homogéneas y con cantidades mínimas de Metanol, Aldehidos, Esteres y Alcoholes Superiores.

Debe proponerse la disminución del contenido de Metanol en el tequila, por tratarse de una sustancia altamente tóxica y señalarlo en las Normas Oficiales.

V.- La región de los Altos, Jalisco ofrece las mejores condiciones en la actualidad para ubicar una fábrica de elaboración de tequila, además de satisfacer las demandas de materia prima.

La demanda de tequila crece en una proporción del 10% anual, por lo que es conveniente la introducción de equipo actualizado, para poder solventar dicha demanda.

La introducción de nuevos sistemas de calefacción en los alambiques es indispensable para obtener un mayor volumen de tequila destilado en un menor tiempo. Dentro de estos sistemas de calefacción, la transferencia de calor mediante un conjunto de cilindros largos, de 1.22 m. de longitud para el caso estudiado, se ve aumentada en comparación a la proporcionada por un sistema de serpentines, cuya transferencia de calor es menor. La distribución de este tipo de cilindros dentro del alambique debe ser hecha evitando la formación de zonas muertas o sin calentamiento.

VI.- La costeabilidad del Anteproyecto de la fábrica de tequila es positiva, de acuerdo al punto de equilibrio, el cual se localiza aproximadamente en el 21% de la producción

total, y a las ganancias netas obtenidas durante un año de ejercicio que son del orden del 18% de la Inversión Fija, - además a la posibilidad de conquistar Mercados Extranjeros, siendo ésto último el verdadero objetivo comercial de la fábrica por instalarse.

B I B L I O G R A F I A .

- 1). Agraz, G. A. G.
Historia de la Industria Tequila Sauza.
Guadalajara, Jal. México. 1963

- 2). Aiba, S.; Humphrey, A. E. & Millis N. F.
Biochemical Engineering
Academic Press Inc.
2nd. Ed.
U. S. A. 1973

- 3). Boullanger, E.
Destileria Agrícola e Industrial
Enciclopedia Agrícola
Salvat Editores,
España, 1953

- 4). Cook, A.H. Ed.
The Chemistry and Biology of Yeast
Academic Press Inc.
U. S. A. 1958

- 5). Foust, A. S.; Wenzel, L.A. y Clumts, C. W.
Principios de Operaciones Unitarias
Compañía Editorial Continental S.A.
México. 1972

- 6). Haen, H.
Bioquímica de las Fermentaciones
Aguilar, S. A. de Ediciones
España. 1956.

- 7). Halffter, G.
Plagas que afectan a las distintas especies de AGAVE
cultivadas en MEXICO.
S.A.G. Dirección General de Defensa Agrícola
México. 1957.
- 8). Henrici, A.
Henrici's Molds, Yeast and Actinomycetes.
J. Wiley
2nd. Ed.
U. S. A. 1957
- 9). Jorgensen, A.
Microbiología de las Fermentaciones Industriales
Ed. Acribis
7^a Ed.
España. 1959
- 10). Kern, D.Q.
Procesos de Transferencia de Calor
Compañía Editorial Continental S. A.
México. 1973
- 11). Kretzschmar, H.
Levaduras y Alcoholes y Otros Productos de la Fermentación.
Ed. Reverté.
España. 1961.
- 12). Lehninger, A.L.
Bioquímica
Ediciones Omega S. A.
España. 1972.

- 13). Lezama, M. N.
Historia, Producción, Industrialización y Algunas Enfermedades de los Agaves. E.N.A. Chapingo, México. 1952.
- 14). Mc. Nair, H.M. & Bonelli, E.J.
Basic Gas Chromatography. ✓
Consolidated Printers.
5th. Ed.
U.S.A. 1969
- 15). Novoa, G.J.M.
Investigación del Sustrato Fermentable del Maguey Tequiler
I.P.N. México. 1952. ✓
- 16). Norma Oficial Mexicana Tequila NOM-V-7-1978
Esta Norma cancela la NOM-V-7-1976
Dirección General de Normas
Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial
Diario Oficial Miercoles 19 de Abril de 1978
- 17). Perry, J.
Manual del Ingeniero Químico.
Editorial UTEHA.
México. 1974.
- 18). Prescott, S.
Microbiología Industrial.
McGraw Hill
3th. Ed.
U.S.A. 1959
- 19). Roman, W.
Yeast.
Academic Press Inc.
U.S.A. 1957.