

300618



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE QUIMICA**  
**INCORPORADA A LA UNAM**

ZEF

**IMPLEMENTACION DEL METODO DE  
CLARIFICACION CON CARBON ACTIVADO EN  
CALIENTE PARA LA UTILIZACION DE AZUCAR  
ESTANDAR EN LA PREPARACION DE LOS  
JARABES EN LA INDUSTRIA REFRESQUERA  
DE BEBIDAS CARBONATADAS**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :**

**INGENIERO QUIMICO**

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

**ARTURO JOAQUIN GONZALEZ NUDING**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. JORGE GARCIA ACEVEDO**

MEXICO, D.F.

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

*A la memoria de mis queridos abuelos.*

*A mis padres; **Arturo Germán y Graciela:**  
Por toda su dedicación, apoyo y cariño que me  
han brindado durante toda mi vida.*

*A mis hermanos; **Federico Constantino, Carlos,  
Jorge y Guillermo,** quienes en forma  
desinteresada me han ayudado a lograr  
mis objetivos.*

*Mi especial agradecimiento al **Ing. Jorge García  
Acevedo** por su confianza, por la asesoría y  
dirección en la elaboración de esta tesis.*

*Al **M. en C. Jaime Toral Garibay,** por sus  
valiosas enseñanzas durante mi etapa de  
estudiante, y por dedicarme parte de su tiempo  
para la revisión de esta tesis.*

*A las **empresas,** que me proporcionaron la  
información necesaria para la realización  
de este trabajo.*

*A la **Universidad La Salle,** profesores y amigos,  
por darme la satisfacción de verme formado como  
profesionista dentro de sus principios e ideales.*

<b>INDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>I.- INTRODUCCION.</b>	1
I.1.- Problemática del azúcar en México.	
I.2.- Situación actual de la Industria azucarera.	3
I.3.- Distribución del consumo industrial de azúcar, México 1978-1992.	8
<b>II.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE AZUCAR ESTANDAR Y REFINADA.</b>	10
II.1.- Historia de la maquinaria, los aparatos y el proceso.	
II.2.- Fabricación azúcar estándar.	14
Extracción de jugo.	
Purificación del jugo. Clarificación.	15
Evaporación.	17
Cristalización.	18
Centrifugado o purga; la recoccción de melazas.	19
II.3.- Fabricación azúcar refinada.	21
Refinación azúcar de caña.	
Naturaleza de la Industria.	
<b>III.- PROGRAMA DE RECEPCION DE AZUCAR, TABLA DE CONTENIDO.</b>	24
III.1.- Inspección de entrada y muestreo.	25
III.2.- Programa de pruebas de control de calidad.	26
III.2.1.- Especificación azúcar estándar.	
III.2.2.- Especificaciones jarabe simple clarificado.	27
III.2.3.- Pruebas y análisis en el proceso.	
III.2.4.- METODOS DE ANALISIS.	29
<b>Métodos de análisis para azúcar estándar.</b>	
a).- Determinación de color en unidades ICUMSA.	
b).- Determinación de color en unidades RBU.	30
c).- Determinación de pureza por polarimetría.	31
d).- Determinación de humedad: Método Karl Fischer.	35
e).- Método Gravimétrico.	36
f).- Métodos de análisis microbiológicos para azúcar.	
g).- Porcentaje de inversión.	38

h).- Turbiedad.	39
i).- Potencial de Floc.	40
j).- Pruebas de olor y sabor.	41
k).- Pruebas microbiológicas para jarabe.	43
l).- Prueba Brix.	44
<b>IV.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AZUCAR.</b>	<b>45</b>
<b>V.- DIAGRAMAS DE FLUJO Y ALTERNATIVAS.</b>	<b>47</b>
a).- Diagrama de proceso con los diferentes equipos que intervienen.	
b).- Equipos.	
<b>VI.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE CLARIFICACION DE AZUCAR ESTANDAR.</b>	<b>53</b>
a).- Parámetros generales.	
b).- Establecimiento de los tiempos deseados para el desarrollo de cada una de las actividades del proceso.	
<b>VII.- CALCULO DEL EQUIPO PARA LAS DIFERENTES FASES DEL PROCESO.</b>	<b>56</b>
a).- Cálculo de cargas térmicas para calentamiento.	
Agua.	
Jarabe simple.	
Equipos.	
Caldera.	
b).- Cálculo de enfriamiento.	61
Cantidad de calor para sustraer el jarabe.	
Tuberías y accesorios.	
<b>VIII.- ADAPTACION DEL EQUIPO EN PLANTAS EMBOTELLADORAS DE MEXICO.</b>	<b>64</b>
Tanque jarabe simple.	
<b>IX.- REQUERIMIENTOS DE ESPACIO.</b>	<b>65</b>
Tanque.	
Intercambiadores de calor.	
<b>X.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS.</b>	<b>76</b>
<b>XI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>87</b>
<b>XII.- BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>90</b>
<b>APENDICE I.- PROVEEDORES.</b>	<b>99</b>

## **I.- INTRODUCCION**

**La escasez de azúcar refinada en el país, problema que se incrementará en los próximos años nos hará utilizar azúcar estándar en el futuro en la industria de bebidas gaseosas.**

### **I.1 ).- PROBLEMATICA DEL AZUCAR EN MEXICO :**

**La calidad del azúcar en nuestro país se ha venido deteriorando cada año. Vamos a comentar sobre una de las razones por lo que se ha venido presentando este deterioro :**

**1) Disminución de los ingresos de los azucareros debido a :**

- a) Altos costos de producción.**
- b) Bajo precio del azúcar en el mercado mundial.**
- c) Precio de venta regulado por el gobierno.**

- 2) Monopolio de la comercialización del azúcar.**
- 3) Falta de controles en la producción del azúcar.**

**Los azucareros al ver que sus ingresos disminuyen tienen que tratar de reducir sus costos de producción para mantener sus utilidades. Es por este factor que muchas veces la calidad del azúcar se ve sacrificada.**

**La falta de controles de parte del gobierno u otro instituto para determinar la calidad del azúcar provoca que al azucarero sólo se le pague en base a los kilos de azúcar producido y no en base a la calidad también. En el país, existe monopolio en la comercialización.**

**Esto provoca que no haya competencia y los productores se vuelvan mediocres hacia la calidad y como no hay un organismo regulador de ella, no les importa producir azúcar de baja calidad.**

**Otro de los factores que afecta la calidad del azúcar es la falta de control de calidad para las diferentes etapas de la elaboración del azúcar.**

**En muchas ocasiones en el ingenio no se lleva un control de calidad para las diferentes etapas de producción. En el laboratorio del ingenio normalmente los análisis que efectúan son primordialmente para llevar un balance del azúcar en proceso (contabilidad azucarera) y no para evaluar la calidad.**

**Estos factores son principalmente responsables de que tengamos azúcar de baja calidad.**

**Por todo esto es necesario que la Planta tenga un Programa de recepción de azúcar con el fin de rechazar los lotes que no cumplan con las especificaciones.**

**En caso de que no se pueda rechazar el lote de azúcar, se puede diagnosticar el tipo de tratamiento que se requiere, por ejemplo :**

**- % de carbón activado por agregar.**

**- Uno o dos cocimientos, etc.**

**Todo esto con el fin de anticipar problemas de sabor y apariencia en el jarabe simple empleado en la elaboración de los productos embotellados.**

**Otro problema importante es la falta de capacidad de fabricación en los ingenios azucareros, esta industria es estratégica para el país. La tabla No. 1 nos indica la demanda interna hasta el año 2000.**

## **I.2 ) SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA AZUCARERA :**

### **PANORAMA NACIONAL :**

**Desde 1972, el estado ha venido subsidiando el precio del azúcar originando grandes gastos de parte del sector público que hasta el año 1989 era el operador de la mayor parte de los ingenios del país.**

**Los subsidios fueron consecuencia de que a las unidades industriales se les liquidó el azúcar a un precio menor al del costo de producción.**

**La falta de recursos trajo también como consecuencia el deterioro de la Planta Industrial al no poder reemplazar con la oportunidad debida equipos esenciales, tales como los generadores de vapor y los de energía eléctrica, así como los molinos de caña con sus transmisiones.**

DEMANDA INTERNA DE AZUCAR

1990 - 2000

AÑO	No. DE HABITANTES TASA 2%	CONSUMO POR CAPITA KGRS	CONSUMO POR TONELADAS	DIFERENCIA FALTANTE TONS (1)
1990	89'820,000	42.2	3'790,404	46,877
1991	91'796,000	42.0	3'855,432	111,875
1992	93'632,000	41.8	3'913,818	170,261
1993	95'505,000	41.6	3'973,008	229,451
1994	97'415,000	41.4	4'032,981	289,424
1995	99'363,000	41.2	4'093,756	350,199
1996	101'351,000	41.0	4'155,391	411,834
1997	103'377,000	40.4	4'176,431	432,874
1998	105'445,000	40.2	4'238,889	495,332
1999	107'553,000	40.0	4'302,120	558,563
2000	109'705,000	40.0	4'388,200	597,796

(1).- RESPECTO A LA MAXIMA PRODUCCION 3'743,557 TONELADAS (1987).

**En el caso de que no se incrementen los precios de liquidación los productores de azúcar no podrán mejorar sus fábricas, ni los campesinos, cañeros podrán mejorar sus equipos de preparación de tierras y transporte de la caña y por ello la producción nacional de azúcar disminuirá y en el mejor de los casos quedará estacionada en las cifras actuales de producción.**

**Por otra parte los bajos precios no ofrecen ningún atractivo para la construcción de nuevos ingenios, en virtud de que el costo de una unidad industrial capaz de procesar 6,000 toneladas de caña por día y obtener anualmente 80,000 toneladas de azúcar, es de 50'000,000.00 de dolares americanos sin contar la inversión que se requiere para el desarrollo del campo, la cual se estima en 12'000,000.00 de dolares.**

**La construcción de nuevos ingenios parece ser inevitable debido al aumento de la población que repercutirá en el incremento del consumo de azúcar como se indica en el cuadro correspondiente a la demanda de azúcar para el periodo correspondiente del año de 1990 al año 2000 que se presenta al final de este capítulo.**

**DISTRIBUCION DEL CONSUMO INDUSTRIAL DE AZUCAR**

**MEXICO**

1978

1992

	<b>TONELADAS</b>	<b>%</b>	<b>TONELADAS</b>	<b>%</b>
<b>DULCERA</b>	185,974	14.68	521,320	13.32
<b>PANIFICADORA Y GALLETERA</b>	183,046	14.45	668,871	17.09
<b>EMBOTELLADORA</b>	669,351	52.83	2'198,783	56.18
<b>OTRAS</b>	228,384	18.03	524,383	13.41
<b>TOTAL</b>	<b>1'266,755</b>	<b>100.00</b>	<b>3'913,818</b>	<b>100.00</b>

**La sustitución de azúcar por otros endulcorantes como la altafructuosa obtenida a partir del maíz no se vislumbra como solución, debido a que nuestro país es deficitario en la producción de este grano.**

**La alternativa será dejar de refinar y producir azúcar de mas baja pureza esto es grado estándar, lo cual a la industria de bebidas gaseosas afectará repercutiendo en el color, sabor y apariencia de los refrescos.**

### **I.3).- DISTRIBUCION DEL CONSUMO INDUSTRIAL DE AZUCAR MEXICO 1978 - 1992.**

**El consumo del azúcar en el país se muestra en la tabla No. 2 : DISTRIBUCION DEL CONSUMO INDUSTRIAL DE AZUCAR, MEXICO 1978-1992.**

**En 1992 se produjeron en nuestro país 1'853,881 toneladas, de azúcar refinada siendo insuficientes para abastecer tanto a la industria embotelladora como a otras industrias.**

**En ese año se importaron 946,672 toneladas de otros países para cubrir toda la demanda industrial.**

**De esta importación 170,261 toneladas fueron para la industria embotelladora.**

**Sin embargo en el país es más fácil cubrir los faltantes de azúcar refinada con azúcar estándar de buena calidad, de ahí la justificación de incluir en la fabricación de jarabes en las embotelladoras el proceso de clarificación para azúcar estándar, estableciendo mezcla de ambas calidades de azúcar, de tal forma, que la bebida gaseosa (producto terminado), no presente desviaciones en sabor, contaminación microbiología por hongos y levaduras, sedimentos, etc, que el consumidor pueda detectar, rechazando el producto.**

**c) La industria de bebidas gaseosas de la marca Coca-Cola en México, cuenta actualmente con cien Plantas Embotelladoras, demandando el 67% del azúcar refinada que consume esta industria nacionalmente.**

**Conscientes de la creciente gravedad del problema relacionado con el suministro de azúcar refinada en las Plantas Embotelladoras de Coca-Cola y tomando en cuenta que la calidad que siempre ha caracterizado a esta marca manteniéndola como líder en el mercado se ve ahora amenazada.**

**El propósito de esta tesis es explicar en que consiste el proceso para el tratamiento de azúcar estándar, así como orientar en la selección del equipo más adecuado.**

**En virtud de que el azúcar proviene de un producto agrícola, las impurezas que contiene son de una composición variable y muy compleja estando determinadas por las condiciones climatológicas, la composición de los suelos de las diversas regiones donde se cultiva la caña.**

**Si bien recomendamos seleccionar el equipo con capacidad suficiente para clarificar el 100% del azúcar consumida en la Planta, previendo gran escasez en el futuro, pueden presentarse casos en los cuales aquellos compuestos que producen floculación en la bebida limite la utilización de azúcar estándar y obligue a hacer preparación de jarabe con mezclas azúcar refinada-estándar.**

**Dentro de las limitaciones, tanto tecnológicas como económicas de los diversos procesos para el tratamiento de azúcar estándar, hemos seleccionado el que más se adapta a las condiciones de una Planta Embotelladora y consiste en la eliminación de olor, sabor y color mediante el uso de carbón activado, pulverizado, en caliente.**

## **II.- DESCRIPCION DEL PROCESO DE ELABORACION DE AZUCAR ESTANDAR Y REFINADA**

### **II.1 ).- HISTORIA DE LA MAQUINARIA, LOS APARATOS Y EL PROCESO :**

**La fabricación y refinación de azúcar posee un historial pleno de triunfos y realizaciones en los campos de la producción de alimentos y la ingeniería química. La mayoría de los aparatos básicos fueron desarrollados específicamente para trabajos azucareros, y después adaptados al uso general.**

**La fabricación de azúcar fué el primer proceso que empleó químicos, y aplicó las ideas modernas de control técnico y químico muchos años antes que la mayoría de los grandes procesos fabriles que corrientemente los utilizan hoy en día.**

#### **Maquinaria y aparatos :**

**La molienda más primitiva de caña de azúcar se hacía con rodillos o cilindros verticales de madera, que eran impulsados por tracción animal, por fuerza hidráulica o por molinos de viento. Se atribuye a Smeaton el haber aplicado por primera vez tres rodillos horizontales o "mazas" en la forma triangular que se usa en la actualidad, y algunas autoridades en la materia mantienen que fué Smeaton quien inventó el primer molino con propulsión a vapor, en Jamaica.**

**Vale la pena observar que el vapor se utilizó como fuerza motriz para la molienda de caña diez años antes de que se lograra aplicarlo con éxito a la propulsión de barcos, y treinta años antes de la construcción de la primera locomotora comercial para uso ferroviario.**

**Los tándems de seis mazas, es decir, compuestos de dos juegos de molinos se usaron por primera vez en Cuba, en 1883, y la primera unidad de nueve mazas que se instaló en el mundo fué la de la Plantación Cora, de Luisiana, en 1892.**

**Las desmenzadoras provistas de mazas con rayado de zigzag se usaron por primera vez en 1883, y la desfibradora, invento de Fiske, prestó su primer servicio en Luisiana, en 1886.**

**El recipiente a vacío fué inventado en Inglaterra en 1813 por E. C. Howard, y en 1827 diez refinerías inglesas habían instalado el sistema.**

**La decoloración de carbón animal, que se atribuye a Derosne, también fué desarrollada en dichas refinerías durante el mismo período.**

**Con estos dos procesos (la ebullición en recipientes al vacío y la decoloración mediante carbón de hueso) se originó el procedimiento moderno de refinación de azúcar.**

**El primer evaporador de múltiple efecto, un desarrollo de la patente de Howard, fué construído por Norbert Rillieux en Packwood, Luisiana, río abajo de Nueva Orleans de 1845, y de acuerdo con sus patentes.**

**Todos los aparatos de ebullición al vacío que existen en la actualidad, tanto en la industria azucarera como en muchas otras, funcionan de acuerdo con los principios básicos de las patentes originales de Howard y de Rillieux.**

**La invención de la máquina centrífuga que purga masacocidas azucareras ha sido atribuida a Schotter en 1848 y a Dubrunfaut, pero las autoridades en esta materia están de acuerdo en que fué David Weston quien obtuvo la patente de la centrífuga suspendida en 1852 y la introdujo al trabajo práctico azucarero en Hawaii, en 1867.**

**Hasta bien entrado el siglo actual, al tipo de máquina centrífuga que está en uso general en la actualidad se le llama centrífuga Weston.**

**Fuó para trabajo azucarero que se desarrollaron equipos de filtración de varios tipos, entre ellos el filtro Taylor de bolsas, de hace más de 100 años; el filtro-prensa (con placas de madera), fué sugerido por Howard alrededor de 1820, pero fué introducido con éxito por Needham en 1853; y los filtros modernos de láminas, tales como los Kelley, Sweetland y Valles, fueron introducidos de 1910 a 1920. El cristallizador data de 1880.**

## **PROCESO :**

**Es más difícil determinar las prioridades en el uso de procesos que las de inventos de maquinaria, ya que los procesos no son siempre patentados o patentables.**

**Según Deerr, la primera mención de la cal como materia defecadora ocurrió en 1685, pero otros expertos se han referido a su uso en Egipto en el año 700 de nuestra Era y quizás la utilización de la cal se remonte a épocas sumamente antiguas.**

**Los ácidos carbónico y sulfuroso, utilizados en conjunto con un exceso de cal, fueron aplicados por primera vez cuando comenzaba la industria europea del azúcar de remolacha (alrededor de 1812), pero no obtuvieron el puesto que les correspondía en la industria de azúcar de caña hasta 1880, en Java.**

**A pesar de que el uso de fosfatos solubles, tanto en la refinería como en las fábricas de crudo, fué sugerido muy a principios del siglo XIX, quizás el año 1850 sea la fecha de primera aplicación comercial.**

**En la refinación, los fosfatos no sustituyeron totalmente a la albúmina de sangre en la defecación hasta hace unos 60 años.**

**El uso extenso de algún fosfato soluble para suplir el tratamiento a base de calor y cal en la fabricación de azúcar cruda es aún más reciente.**

## **II.2).- FABRICACION AZUCAR ESTANDAR :**

### **EXTRACCION DE JUGO :**

**El primer paso en el proceso fabril del azúcar de caña es la extracción del jugo ("guarapo") mediante la compresión de la caña entre cilindros de gran tamaño llamados "mazas".**

**Antes de esta extracción se prepara la caña para la molienda, haciéndola pasar bajo cuchillas giratorias que cortan los tallos y los convierten en astillas, entre mazas de rayado grueso que quiebran la caña y exprimen gran parte del jugo, por desfibradores en forma de molinos de martillos, que desfibran la caña sin exprimir jugo, o más generalmente, a través de combinaciones de tres mazas entre las cuales pasa sucesivamente la caña exprimida o "bagazo".**

**Para ayudar a la extracción del jugo, se rocía la torta de bagazo, al salir de cada unidad moledora, con chorros de agua o de jugo pobre en azúcar; esto ayuda a la extracción de azúcar por lixiviación.**

**Este proceso, llamado "imbibición" (o, menos frecuentemente, maceración o saturación) tiene muchas variantes.**

**Los mejores procedimientos de molienda logran extraer en forma de jugo, más del 95% del azúcar que contiene la caña; este porcentaje se llama la extracción de sacarosa, o, más sencillamente, la extracción.**

**El bagazo final que sale del último molino contiene el azúcar no extraído, la fibra leñosa, y de 40 a 50% de agua.**

**Este producto suele ir a las calderas para servir de combustible, pero muchas fábricas compran el combustible que necesitan, y utilizan el bagazo como materia para cama de ganado, o para algún otro aprovechamiento comercial de este subproducto.**

**El diagrama de flujo muestra un tren de molinos ("tándem") de quince mazas, con dos juegos de cuchillas giratorias y una desmenuzadora.**

#### **PURIFICACION DEL JUGO, CLARIFICACION :**

**El jugo que exprimen los molinos es ácido turbio y de color verde oscuro.**

**En el proceso de clarificación o (defecación), ideado para eliminar tanto las impurezas solubles como las insolubles, es universal el uso de la cal y el calor como agentes clarificadores.**

**La lechada de cal, preparada con aproximadamente una libra (450 gr) de CaO por tonelada de caña, neutraliza la acidez natural del jugo, y forma sales insolubles de cal, principalmente en forma de fosfatos de calcio.**

**La calefacción del jugo alcalino, hasta el punto de ebullición, o un poco más allá de este punto, coagula la albúmina y algunas de las grasas, ceras y gomas, y el precipitado que así se forma engloba tanto los sólidos en suspensión como las partículas más finas.**

**Mediante la sedimentación, se logra la separación de los lodos del jugo claro (esto se hacía antiguamente en tanques individuales de decantación llamados "defecadores", mientras que hoy en día es casi universal el uso de clarificadores cerrados continuos de varias bodegas).**

**Los lodos se filtran en filtros de tambor rotativo al vacío, o, en algunas fábricas, en filtros de láminas a presión.**

**El jugo de los filtros-prensas retorna al proceso, o se añade directamente al jugo claro, y la torta de las prensas (llamada "cachaza" en América Latina) se tira, o se lleva a los campos como fertilizante.**

**El jugo clarificado, de color café oscuro, retorna a los evaporadores sin sufrir tratamiento adicional.**

## **EVAPORACION :**

**El jugo clarificado, que posee casi la misma composición que el jugo crudo extraído (con la excepción de las impurezas precipitadas que fueron extraídas por el tratamiento con cal) contiene aproximadamente 85% de agua.**

**Las dos terceras partes de esta agua se evapora en evaporadores de múltiples-efectos al vacío, que consisten en una sucesión (generalmente cuatro) de celdas de ebullición al vacío llamadas "cuerpos", dispuestas en serie para que en cada cuerpo haya más vacío que en el cuerpo inmediatamente anterior y de esta forma el jugo que dicho cuerpo contiene hierva a menor temperatura.**

**Ahí los vapores producidos en un cuerpo podrán calentar a ebullición el jugo que contenga el siguiente.**

**Con el uso de este sistema, el vapor que se va introduciendo al primer cuerpo logra producir "evaporación en múltiple efecto". El vapor que sale del último cuerpo va a un condensador.**

## **CRISTALIZACION :**

**La cristalización se lleva a cabo en recipientes al vacío, de simple efecto, en los cuales se concentra la melaza hasta quedar saturada de azúcar.**

**Al llegar a este punto, se introducen "cristales de siembra" para que sirvan de núcleos a los cristales de azúcar, y se va añadiendo más melaza a medida que se evapora el agua.**

**Los cristales originales, que fueron formados por la destreza del operador del cristizador, o por control mediante instrumentos "crecen", sin que se formen cristales adicionales, a medida que en ellos se va depositando azúcar procedente de la masa en ebullición.**

**Este crecimiento de los cristales continúa hasta que al quedar lleno el recipiente han alcanzado un tamaño previamente determinado.**

**La mezcla de cristales y melaza queda concentrada hasta formar una masa densa, "masacocida", y la "templá" o contenido del tanque se descarga a través de una válvula inferior hacia un mezclador o cristizador.**

## **CENTRIFUGADO O PURGA; LA RECOCCION DE MELAZAS :**

**La masacocida que se llevó al mezclador o cristalizador se hace pasar a máquinas giratorias llamadas centrifugas.**

**El "canasto" cilindrico de la centrifuga, que está suspendido de una flecha o "huso" tiene sus costados perforados y forrados de tela metálica; entre el forro y el costado hay láminas de metal que contienen de 400 a 600 perforaciones por pulgada cuadrada (62 a 93 perforaciones por cm<sup>2</sup>). Las máquinas que son impulsadas por correas (o, en instalaciones más modernas, por motores eléctricos) giran a velocidad de 1000 a 1800 rpm.**

**El forro perforado retiene los cristales de azúcar, que pueden ser lavados con agua si se desea.**

**Las aguas madres o "melaza" pasan a través del forro, impulsadas por la fuerza centrifuga que sobre ella se ejerce; y cuando el azúcar queda purgado, se descarga de la centrifuga, quedando ésta lista para recibir otra carga de masacocida.**

**Las instalaciones modernas son exclusivamente del tipo de alta velocidad (o alta gravedad) con control automático total o parcial de todo el ciclo de purga.**

**En el sistema de cocción triple figura 1, la primera cocción o templa de jarabe puro rinde azúcar crudo o melaza A, ésta se retorna al tanque para ser recocida junto con una remonta de masacocida de primer grado, y formar una segunda masacocida B que a su vez rinde otra cosecha de cristales.**

**El azúcar procedente de las templeas B se junta con el azúcar A para constituir la producción comercial de la fábrica.**

**La segunda melaza B es de pureza mucho menor, y a su vez se vuelve a cocer con nuevo jarabe para formar una templa de grado bajo C.**

**Estas masacocidas de grado bajo permanecen durante varios días en los cristalizadores donde se enfrían; la masa es mantenida en movimiento por medio de espas giratorias.**

**El azúcar C se mezcla con jarabe y se utiliza para "siembra" de masacocidas A y B.**

**La melaza final es un material pesado y viscoso que contiene aproximadamente una tercera parte de sacarosa, otra tercera parte de azúcares reductores, y el resto de cenizas no-azúcares orgánicos, y agua.**

**Sirve como base para piensos de ganado, para la fabricación de azúcar industrial, para la producción de levadura, y para otros fines.**

### **II.3).- FABRICACION AZUCAR REFINADA :**

#### **REFINACION AZUCAR DE CAÑA.**

**La refinación del azúcar de caña permaneció sin cambios básicos durante muchos años, pero en la última década la industria ha logrado grandes progresos.**

**Los cambios que han señalado este período comprenden el manejo del azúcar a granel desde la fábrica hasta la refinería; las estaciones de afinación completamente automáticas; aumento del interés en la clarificación por métodos químicos mediante el uso de ácido fosfórico o carbonatación, en vez de la filtración mecánica; cambios básicos en la decoloración, logrados por la introducción de carbones activados granulados, y procesos continuos de filtración con carbón animal; automatización del departamento de tachos y centrifugas; aumento de la producción de productos líquidos tales como jarabes de sacarosa e invertidos; y el manejo y embarque a granel de azúcares refinados.**

**Otro síntoma de progreso lo constituye la construcción de dos refinerías nuevas, una en el Canadá y otra en Estados Unidos, que son las únicas plantas completamente nuevas que se han construido en los últimos treinta años.**

## **NATURALEZA DE LA INDUSTRIA :**

**La refinación del azúcar de caña es, por necesidad, un negocio que está concentrado en unidades grandes.**

**La máxima proporción del azúcar refinado que se consume en los Estados Unidos lo producen 20 refinerías que están situadas en los principales puertos marítimos o cerca de ellos.**

**El proceso se puede dividir en 6 o 7 etapas, aparentemente simples, pero sumamente complejas en la práctica.**

**La tecnología y el control del proceso implican una cantidad enorme de detalles, muchos de los cuales resulta imposible considerar en el espacio otorgado a la refinación en esta obra.**

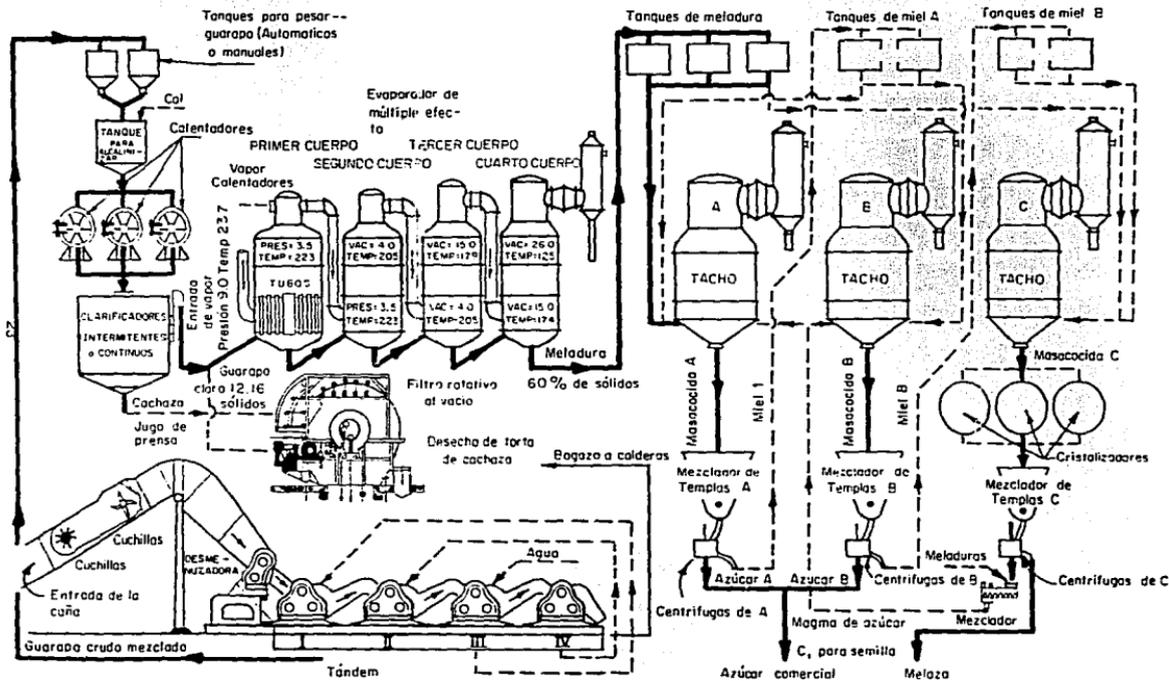
**El diagrama de flujo que aparece en la figura 2, muestra el procedimiento de refinación que emplea la filtración convencional intermitente con carbón animal.**

**La refinación con carbones vegetales y (más recientemente) con carbones activados granulados es desarrollo de los últimos treinta años.**

**La mayoría de estas refinerías basadas en carbones vegetales o activados limitan su trabajo exclusivamente a la producción de azúcar granulado.**

**El cloro apareció como agente brevemente refinador, pero se usa muy poco en la actualidad.**

# FABRICACION Y REFINACION DE AZUCAR



### **III.- PROGRAMA DE RECEPCION DE AZUCAR TABLA DE CONTENIDO.**

- III.1 ).- Inspección de entrada y muestreo.**
- III.2 ) - Programa de pruebas de control de calidad.**
  - III.2.1 ) - Especificación azúcar estándar.**
  - III.2.2 ) . Especificaciones jarabe simple clarificado.**
  - III.2.3 ) - Pruebas y análisis en el proceso.**
  - III.2.4 ) - Métodos de análisis.**

### **III.1 ) .- INSPECCION DE ENTRADA Y MUESTREO :**

**Cada entrada debe ser inspeccionada y sometida a pruebas antes de la descarga.**

**Para obtener una muestra representativa, se le puede solicitar al proveedor recolectar la muestra al tiempo de la carga.**

**Cuando el azúcar se recibe en sacos, la muestra debe ser tomada en varios sacos seleccionados al azar y luego mezclados para producir una muestra compuesta. Se debe recolectar una muestra de un kilogramo.**

**Aquella muestra que no sea usada en las pruebas (aproximadamente 50%), se le debe guardar en un recipiente sellado por un periodo de al menos un mes, después del tiempo de su uso.**

**A cada muestra se le debe asignar un número de lote consecutivo o número de entrega.**

### **III.2 ) .- PROGRAMA DE PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD :**

#### **III.2.1 ) .- ESPECIFICACION AZUCAR ESTANDAR :**

**El azúcar estándar que se reciba en Planta deberá cumplir con los siguientes parámetros, de no ser así debe ser rechazado el lote :**

#### **Análisis Físico-Químicos :**

<b>PARAMETRO</b>	<b>TOLERANCIA</b>
<b>Color (u. ICUMSA)</b>	<b>750 máximo</b>
<b>Pol (20 ° C)</b>	<b>99.4 mínimo</b>
<b>Dióxido de Azufre (ppm)</b>	<b>10.0 máximo</b>
<b>Húmedad (%)</b>	<b>0.06 máximo</b>
<b>Apariencia</b>	<b>Característica</b>

#### **Análisis Microbiológicos :**

<b>PARAMETRO</b>	<b>TOLERANCIA</b>
<b>Cuenta Total (col.)</b>	<b>200/20 g. máximo</b>
<b>Levaduras (col.)</b>	<b>10/10 g. máximo</b>
<b>Hongos (col.)</b>	<b>10/10 g. máximo</b>

**Nota : Los procedimientos de análisis para realizar todas las pruebas anteriores se muestran en el inciso d) Métodos de Análisis.**

### **III.2.2 ).- ESPECIFICACIONES JARABE SIMPLE CLARIFICADO :**

**El proceso de clarificación de azúcar está diseñado para obtener el jarabe simple que cumpla con los siguientes parámetros:**

#### **Análisis Físico-Químicos:**

<b>PARAMETRO</b>	<b>TOLERANCIA</b>
Color (u. ICUMSA)	50 máximo
Color (u. RBU)	50 máximo
Inversión	5% máximo
Turbiedad (NTU)	3.25 máximo
Potencial/ Foc	0.14 máximo
Olor/Sabor	Característico

#### **Análisis Microbiológicos (una vez por semana) :**

<b>PARAMETRO</b>	<b>TOLERANCIA</b>
Levaduras (Col.)	5/5 ml. máximo
Hongos (Col.)	5/5 ml. máximo

### **III.2.3 ).- PRUEBAS Y ANALISIS EN EL PROCESO :**

**Hay varias pruebas que deben realizarse durante la operación del sistema de clarificación. Esto es con el fin de garantizar la calidad del jarabe simple clarificado que se usará en la producción de los productos.**

En el diagrama adjunto, se encuentran indicados los puntos de muestreo en orden al desarrollo del proceso que a continuación se detallan :

Punto de Muestreo	Localización	Parámetro a determinar	Valor normal
1	Jarabe caliente Tq de disolución	-Brix -Temperatura -Sabor y olor	62 °C 85 °C ± 3 °C Ningún sabor objetable como melazas
2	Jarabe filtrado después del filtro	-Turbiedad -Brix -Temperatura -Olor y sabor	<= 3.25 NTU 60 °C 68 °C – 70 °C Ninguno objetable
3	Jarabe enfriado después de enfriado	-Temperatura -Sabor -Turbiedad -Color  -Olor -Potencial -Floc -Inversión	<= 20 °C Característico <= 3.25 NTU 50 Icumsas máximo Ninguno Negativo 5% máximo

Utilizar como blanco agua deionizada filtrada para membrana de 0.45  $\mu$ . Medir por refractometría los grados Bx de la muestra.

Sustituir los valores correspondientes en la siguiente fórmula :

$$\text{UNIDADES ICUMSA} = \frac{\text{MF}}{(r) (d) (60/100)} \times 1000$$

Donde :

60 = °Bx de referencia

r = La longitud óptica de la celda de trabajo del espectrofotómetro en cms

d = Es la densidad en tablas a 60 °Bx, la cual corresponde a 1.28544

MF = (60/ °Bx muestra filtrada) x (absorbancia 420 nm muestra filtrada)

b ) .- DETERMINACION DE COLOR EN UNIDADES ( RBU ) :

Preparación de la muestra :

Disolver completamente 50 gr de azúcar en 50 gr de agua deionizada (50 °Bx) y filtrar la solución por membrana de 0.45  $\mu$ .

Determinación :

Determinar la absorbancia de la muestra sin filtrar a 420 nm. diluyendo la muestra cuantas veces sea necesario para que la lectura de absorbancia se encuentre en un rango de 0.000 a 0.500 (de preferencia 0.350 – 0.500). Utilizar como blanco agua deionizada filtrada por membrana de 0.45  $\mu$ ..

**1.- Estas pruebas deberán realizarse para cada preparación y anotar los resultados en el reporte diario.**

**2.- Adicionalmente deberá realizarse una determinación de hongos y levaduras diariamente en cada uno de los puntos antes mencionados.**

**El valor obtenido no deberá ser mayor de 5 colonias por cada 5 ml. de jarabe. En caso de detectarse alguna contaminación que rebase este límite, deberá procederse a efectuar el saneamiento respectivo.**

**3.- Los procedimientos de análisis para realizar todas las pruebas anteriores se muestran en el inciso d) Métodos de Análisis.**

### **III.2.4 ).- METODOS DE ANALISIS :**

#### **METODOS DE ANALISIS PARA AZUCAR ESTANDAR :**

##### **a ).- DETERMINACION DE COLOR EN UNIDADES ( ICUMSA ) :**

###### **Preparación de la muestra :**

**Disolver completamente 50 gr de azúcar en 50 gr de agua deionizada (50 °Brix) y filtrar la solución por membrana de 0.45  $\mu$ .**

###### **Determinación :**

**Determinar la absorbancia de la muestra filtrada a 420 nm diluyendo la muestra cuantas veces sea necesario para que la lectura de absorbancia se encuentre en un rango de 0.000 a 0.500 (de preferencia 0.350 – 0.500).**

Medir la absorbancia de la muestra a 720 nm. Medir por refractometría los grados Bx de la muestra. Sustituir los valores correspondientes en la siguiente fórmula :

(Los °Bx y absorbancia son de la muestra sin filtrar)

$$\text{UNIDADES R.B.U.} = \frac{(60/^\circ\text{Bx}) \times (\text{absorbancia } 420 \text{ nm} - (2) \times (\text{absorbancia } 720 \text{ nm}) \times 1000}{(r) (d) (60/100)}$$

Dónde :

60 = °Bx de referencia

r = Longitud óptica de la celda de trabajo del espectrofotómetro, en cms

d = Densidad en tablas a 60 °Bx, la cual corresponde a 1.28544

c ) .- DETERMINACION DE PUREZA POR POLARIMETRÍA :

Preparación de la muestra :

Pesar exactamente 26.000 +/- 0.0001 grs de azúcar o sacarosa Q.P. (para calibración del sacarímetro) en un matraz volumétrico de 100 ml (grado A de exactitud).

Añadir 70 ml de agua destilada o deionizada y disolver el azúcar por agitación sin calentamiento alguno evitando en lo posible que burbujas de aire queden atrapadas en el líquido. Finalmente, aforar hasta la marca con agua destilada.

Colocar la muestra en un baño de agua termostáticamente controlado a 20 °C.

**En el caso de muestras de azúcar estándar, éstas deben ser defecadas para evitar interferencias de color y turbidez. Para esto se hacen pruebas previas de defecación por adición de subacetato de plomo en polvo a los matraces aforados, variando las cantidades desde 0.1 gr en adelante.**

**Para una muestra de azúcar estándar pueden requerirse de 0.1 – 0.3 gr.**

**Después de añadir el subacetato de plomo, se agita nuevamente el matraz y se deja reposar por al menos 10 min, en un baño de agua controlado termostáticamente a 20 °C.**

**Las muestras defecadas se filtran con un papel seco de filtración rápida eliminándose los primeros 25 ml de filtrado y el volumen restante se emplea en la determinación.**

**Se recomienda que el embudo de filtración se tape para evitar evaporación de la muestra que pueda alterar las lecturas.**

**El filtrado debe de estar perfectamente claro y sin turbidez alguna. De lo contrario, deben probarse adiciones menores de subacetato de plomo para lograr la defecación de la muestra.**

**Calibración del sacarímetro :**

**El sacarímetro recomendado es el modelo AA-6 marca Optical Activity. Después de encenderse, se esperan treinta minutos para que el aparato se encuentre en óptimas condiciones de operación.**

**Se ajusta a cero con la celda de trabajo vacía. Esta celda debe de ser de 200 mm de longitud y estar perfectamente limpia y seca.**

**La celda se llena con agua procurando evitar la formación de burbujas o la presencia de materias extrañas.**

**La celda se coloca en el aparato y se toma la lectura. Si ésta no es cero, se desatornilla cuidadosamente uno de los extremos de la celda hasta que la lectura sea cero.**

**Posteriormente la celda se llena con el estándar de 100% sacarosa, enjuagando la celda previamente con el estándar (mínimo dos veces). La lectura que se obtenga debe ser 100 °S.**

**Determinación :**

**Con la solución de la muestra defecada y filtrada, en su caso, se enjuaga al menos dos veces la celda de trabajo cuidando la formación de burbujas y las diferencias de densidad en la muestra.**

**Se obtienen mínimo 5 lecturas similares que no excedan una diferencia de +/- 0,1 °S o 0.01 °S, según la precisión del aparato.**

**DETERMINACION DE SULFITOS (como dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>) :**

**Añada aproximadamente 150 ml de agua destilada a un matraz Erlenmeyer de 250 ml.**

**Añada 10 ml de una solución indicadora de almidón al 1% y 5 ml de HCL diluido (3N).**

**Titule gota a gota con una solución de iodo 0.005 N hasta que un color azul pálido aparezca.**

**Esto corrige la contribución de sulfitos provenientes del agua y los reactivos. Rellena la bureta.**

**Pese exactamente 50 gr de azúcar y añádalos al matraz. Disuelva por medio de un movimiento moderado.**

**Si el color azul se mantiene, el azúcar no contiene sulfitos y la solución 0.1 N (solución stock utilizada para elaborar la solución titulante 0.005 N) no necesita ser estandarizada.**

**Si el color azul desaparece, titula con la solución 0.005 N hasta que el color azul pálido reaparezca.**

**Anote la lectura de la bureta y reestandarice la solución stock 0.1 N.**

**Calcule las ppm de SO<sub>2</sub> con la siguiente fórmula :**

$$\text{ppm SO}_2 = \frac{\text{ml iodo} \times \text{verdadera normalidad} \times 32.03 \times 10 \text{ del iodo}}{\text{grs azúcar}}$$

**La solución indicadora de almidón debe prepararse diariamente y debe estar a temperatura ambiente en el momento del análisis.**

**La solución de Iodo stock 0.1 N debe mantenerse en un frasco ámbar y en refrigeración. La solución 0.005 N debe prepararse a partir de la primera diariamente o cada vez que se efectúan los análisis.**

**d).- DETERMINACION DE HUMEDAD : METODO KARL FISCHER.**

**Pesar 0.1000 – 0.3000 grs de azúcar en una cuchara de muestreo previamente tarada en una balanza analítica y tapar inmediatamente.**

**En el aparato de medición Karl Fischer (marca Metrohm modelo 701 KK Titrimo) se prepara el vaso de reacción llenándolo de una mezcla 50/50 metanol-formamida hasta que el electrodo se cubra perfectamente.**

**Se acondiciona la mezcla metanol-formamida titulando con el reactivo Karl Fischer hasta que toda la humedad presente quede eliminada.**

**La mezcla se calienta en un agitador magnético hasta 50 °C evitando que ebulle o que haya mucha condensación en las paredes.**

**Se añade la muestra pesada lo más rápido posible y se cierra el vaso de reacción perfectamente mientras se agita magnéticamente. La programación del aparato se realiza previamente a este paso.**

**Se registra el peso verdadero de la muestra, el cual toma en cuenta los residuos de azúcar que quedan en el cucharón después de añadir la muestra al vaso de reacción.**

**Cuando toda la azúcar esté disuelta y no se observe ningún cristal, se comienza a titular. El aparato 701 KF Titrino da los resultados de % de humedad de manera directa.**

**e ).- METODO GRAVIMETRICO :**

**Se pesan 10 gr de muestra en la termobalanza y se programa con una temperatura de 105 °C durante 3 horas.**

**Después de secarse durante tres horas, la pérdida en peso es expresada como el porcentaje del peso de la muestra original :**

$$\% \text{ humedad} = 100 (w1 - w2) / w1$$

**Donde :**

**w1 = peso del azúcar antes del secado**

**w2 = peso del azúcar después del secado**

**f ).- METODOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICOS PARA AZUCAR :**

**Cuenta microbiológica para azúcar granular.-**

**Cada 10 batches de azúcar granular debe ser evaluado conforme a estándares microbiológicos.**

**Esta frecuencia puede ser incrementada cuando por experiencia se sabe que el proveedor da problemas de este tipo.**

**Es necesario también evaluar el azúcar cuando se detectan altas en el jarabe simple.**

#### **EQUIPOS Y REACTIVOS :**

**Equipo de filtración por membrana**

**Membranas de poro 0.45  $\mu$**

**Membranas de poro 0.80  $\mu$**

**Balanza**

**Matraz Erlenmeyer 250 ml. estéril**

**Medio M – TGE**

**Medio M – Green para hongos y levaduras**

**Agua estéril**

#### **PROCEDIMIENTO :**

**Pese 10 gr de azúcar en el matraz Erlenmeyer de 250 ml. estéril, el cual ha sido marcado para indicar un volumen de 100 ml.**

**Añada de esta manera aséptica agua estéril hasta la marca de los 100 ml., cúbralo con una envoltura estéril y agite suficientemente hasta disolver el azúcar.**

**Flamee ligeramente la boca del frasco. Vacíe la solución directamente al embudo de filtración. Transfiera la membrana a una caja petri estéril conteniendo :**

**a) Medio M – TGE para cuenta total**

**b) Medio M –Green para cuenta de hongos y levaduras**

**Incube las cajas y realice el conteo de la siguiente manera :**

**a) Cuenta total : 35 °C, 24 y 72 hr**

**b) Hongos y levaduras : 28 °C, 48 hr y a intervalos de 24 hr hasta completar 5 días**

**Nota : Si se obtienen cuentas totales altas, reduzca el peso inicial de la muestra a 5 gr y diluya a 100 ml con agua estéril.**

**g ) .- PORCENTAJE DE INVERSION :**

**Preparación de la muestra :**

**Tanto los jarabes como el azúcar granulada se llevan a una solución con una concentración de 10 °Bx. La solución se filtra por una membrana de 0.45 µ.**

**Determinación :**

**La solución a 10 °Bx se inyecta en un sistema de HPLC.**

**El volumen de inyección recomendado es de 20 microlitros por lo que es más conveniente que el sistema inyector tenga un loop con este volumen.**

**Los cromatogramas indicarán el % de sacarosa, fructuosa y glucosa, correspondiendo al % de inversión la sumatoria de los % de área de la fructuosa y la glucosa. El sistema HPLC y las condiciones recomendadas para esta prueba son las siguientes :**

**Bomba : Pe-250 isocrática con inyector de loop 20 um-Perkin Elmer**

**Columna : NH2 (amino)-Alltech**

**Detector de índice de refracción : Lc-25 – Perkin Elmer**

**Integrador 1020 : Perkin Elmer**

**Solvente acarreador. acetonitrilo (85)/agua (15)**

**Flujo de solvente : 1.5 ml/min**

**Tiempo de análisis : 15 min**

**Se recomienda que el método de análisis sea el de normalización y que se calibre con estándares Q.P. de cada carbohidrato.**

**h ) .- TURBIEDAD :**

**Las muestras no requieren preparación.**

**DETERMINACION :**

**Se llena la celda del turbidímetro con la muestra y se cierra la tapa firmemente.**

**Se limpia perfectamente la celda de manera que no tenga manchas, huellas digitales o alguna otra cosa que obstruya el paso de la luz.**

**El turbidímetro debe calibrarse con estándares de formazina para 3 diferentes rangos ( 000-999, 000,99.99, 000-9.99 ). Es muy importante que los estándares hayan sido fabricados con formazina fresca. Se introduce la celda en su compartimiento y se toma la lectura rápidamente. La primera lectura no es válida.**

**El turbidímetro recomendado es el Digital Direct-Reading Turbidimeter Orbeco-Hellige. Este turbidímetro es suministrado con los estándares de calibración y la metodología para calibrarlo.**

**i).- POTENCIAL DE FLOC :**

**PRINCIPIO DEL METODO :**

**El principio en que se basa esta prueba es la insolubilidad de los polisacáridos en el alcohol, los cuales enturbian la solución de sacarosa para luego ser detectados por espectrofotometría.**

**EQUIPOS :**

**Espectrofotómetro  
Equipo de filtración  
Membranas de 0.80  $\mu$   
Erlenmeyer de 250 ml  
Pipeta graduada de 10 ml  
Probeta de 100 ml**

**REACTIVOS :**

**Alcohol etílico grado analítico  
Agua destilada**

**PROCEDIMIENTO :**

- Prepare un jarabe a 50 °C Brix disolviendo 100 gr de azúcar en 100 gr de agua**
- Disuelva en frío por agitación**
- Caliente hasta ebullición e inmediatamente filtre a través de una membrana de 0.80 micras.**

- En un Erlenmeyer de 250 ml. tome 49 ml. de jarabe filtrado, 55 ml. de agua destilada y 120 ml. de alcohol etílico grado analítico; mezcle bien la solución; deje reposar por 15 minutos
- Leer en el espectrofotómetro la absorbancia a 420 nm usando alcohol etílico a 55% como blanco.

#### **INTERPRETACION DE RESULTADOS :**

Lectura máxima  $\leq 0.140$  unidades de absorbancia a 420 nm. Por debajo de este valor, la probabilidad de formación de Floc es mínima.

#### **j) .- PRUEBAS DE SABOR Y OLOR :**

Estas pruebas pueden ser tanto para el azúcar granulada como para el jarabe simple. Consisten en hacer una evaluación sensorial del azúcar llevada a una solución como jarabe simple o del jarabe simple directamente. La concentración de esta solución debe ser de 60 °Bx y la cantidad de jarabe que se prepare dependerá de la cantidad de jueces en la evaluación sensorial.

Igualmente, se evaluarán soluciones de una concentración análoga a la del producto terminado (10–11 °Bx). La evaluación sensorial consiste en oler y degustar las soluciones por un número de jueces disponibles. Estos jueces no tienen que ser personas entrenadas.

Se evalúan las soluciones respecto a la posible presencia de sabor y/o olor a melazas, aminos u otros sabores y/o olores ajenos al jarabe simple. Se recomienda en la evaluación de azúcar estándar tener soluciones de azúcar refinada que sirvan como patrón de comparación.

En las pruebas anteriores se reporta la presencia o ausencia de olores y sabores extraños para las diferentes muestras, tanto en la concentración de 60 °C Bx como en la de 10–11 °Bx.

En el caso de querer comparar dos muestras evaluándolas sensorialmente y detectar diferencias significativas entre ambas, se puede realizar la prueba dúo-trío que consiste en lo siguiente :

Tres muestras codificadas diferentemente se presentan al juez simultáneamente. Dos de estas muestras son iguales y una diferente. Una de las muestras idénticas se identifica como "control".

Se le pide al sujeto que escoja de las dos muestras restantes la que es diferente al control. El control siempre es considerado primero.

El número adecuado de jueces para estas pruebas es de un mínimo de 15.

Se pueden detectar diferencias significativas en base al número de jueces que detectaron la diferencia y el nivel de probabilidad escogido ( 0.05, 0.01 o 0.001 ), en tablas de probabilidad para la prueba dúo-trío.

#### **k ).- PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS PARA JARABE :**

**Cada batch de jarabe debe evaluarse para hongos y levaduras. Cada 5to. batch debe evaluarse para cuenta total.**

**Esta frecuencia debe ser incrementada si la experiencia demuestra problemas de un proveedor en particular.**

#### **EQUIPOS Y REACTIVOS :**

**Equipo de filtración por membrana**

**Cucharón de acero inoxidable de 10 ml**

**Membranas de poro 0.45  $\mu$**

**Membranas de poro 0.80  $\mu$**

**Medio M-TGE**

**Medio M-Green para hongos y levaduras**

**Agua estéril**

#### **PROCEDIMIENTO :**

**Asépticamente añada aproximadamente 20 ml. de agua estéril al embudo del filtro y cúbralo.**

**Esterilice por medio de flama el cucharón de 10 ml. y enfrielo enjuagándolo dos veces con la muestra. Llene el cucharón por tercera vez; levante la tapa del embudo y añada a la muestra directamente en el embudo.**

**Enjuague el cucharón antes de volver a ponerlo en el alcohol. Cubra el embudo y agite suavemente para mezclar la muestra con el agua estéril. Filtre la muestra a través de la membrana.**

**Enjuague la membrana filtrando aproximadamente 20 ml. de agua estéril.**

**Transfiera la membrana a una caja petri estéril conteniendo :**

- a) Medio M-TGE para cuenta total**
- b) Medio M-Green para cuenta de hongos y levaduras**

**Incube las cajas y realice el conteo de la siguiente manera :**

- a) Cuenta total : 35 °C, 24 y 72 hr**
- b) Hongos y levaduras : 28 °C, 48 hr y a intervalos de 24 hr hasta completar los 5 días**

**( ) .- PRUEBAS BRUX :**

**Método Estándar por refractómetro aprobado por control de calidad.**

#### **IV .- DESCRIPCION DEL PROCESO DE CLARIFICACION DE AZUCAR ESTANDAR**

**El proceso del tratamiento de azúcar consiste en :**

- 1.- Calentar agua a 85 °C, por medio de un intercambiador de calor, tipo placas o tubular, utilizando vapor como medio calefactor y usando los actuales tanques de jarabe simple.**
- 2.- Alcanzada esa temperatura, adicionar carbón activado (Activón S-61 o equivalente) en una cantidad que va de 0.5% a 0.8% sobre el peso del azúcar estándar, dependiendo de la calidad de la misma.**
- 3.- Vaciar el azúcar. La disolución ocasiona un abatimiento de temperatura hasta aproximadamente 50 °C.**
- 4.- Recircular el jarabe a través del intercambiador de calor hasta alcanzar los 82 °C, y sostener la temperatura durante 30 minutos.**
- 5.- En un tanque, por separado, y durante el sostenimiento, preparar agua y ayuda-filtro (0.7 kg por m<sup>2</sup> de área filtrante) para la formación de la precapa en las placas filtrantes.**
- 6.- Adicionar ayuda-filtro en el tanque donde se encuentra el jarabe caliente en una proporción igual que el carbón activado, es decir, de 0.5% a 0.8% sobre el peso del azúcar.**

**7.- Proceder a la filtración, recirculando, a través del filtro, al tanque de jarabe simple hasta obtener un jarabe limpio y brillante.**

**8.- Desviar el flujo inmediatamente hacia el intercambiador para enfriarlo a 25 °C. A mayores temperaturas no debe agregarse concentrado en el tanque de jarabe terminado.**

**9.- Medir el brix del jarabe y ajustarlo.**

**10.- Adicionar concentrado y el agua de lavado de los tambores del mismo.**

## V.- DIAGRAMAS DE FLUJO Y ALTERNATIVAS

### a).- DIAGRAMA DE PROCESO CON LOS DIFERENTES EQUIPOS QUE INTERVIENEN :

En la figura No. 1 se muestra un diagrama de proceso con los diferentes equipos que intervienen y que son :

- 1.- Tanque de jarabe simple
- 2.- Bomba de transferencia del tanque al filtro o intercambiadores
- 3.- Intercambiador de calor de varias etapas
- 4.- Filtro
- 5.- Torre de enfriamiento
- 6.- Intercambiador de agua helada
- 7.- Tanque de jarabe terminado
- 8.- Visor

### b).- EQUIPOS :

Para precisar el equipo involucrado en las diferentes etapas del proceso, en las figuras que siguen se destacan, con una línea de mayor grosor, los circuitos requeridos por el tratamiento, y que son :

Fig 1-A – Circuito de calentamiento agua/jarabe

Fig 1-B – Circuito para formación de la precapa en el filtro

Fig 1-C – Circuito de recirculación de jarabe a través de filtro

Fig 1-D – Operación de filtración y enfriamiento para el jarabe

# DIAGRAMA DE FLUJO TRATAMIENTO DE AZUCAR

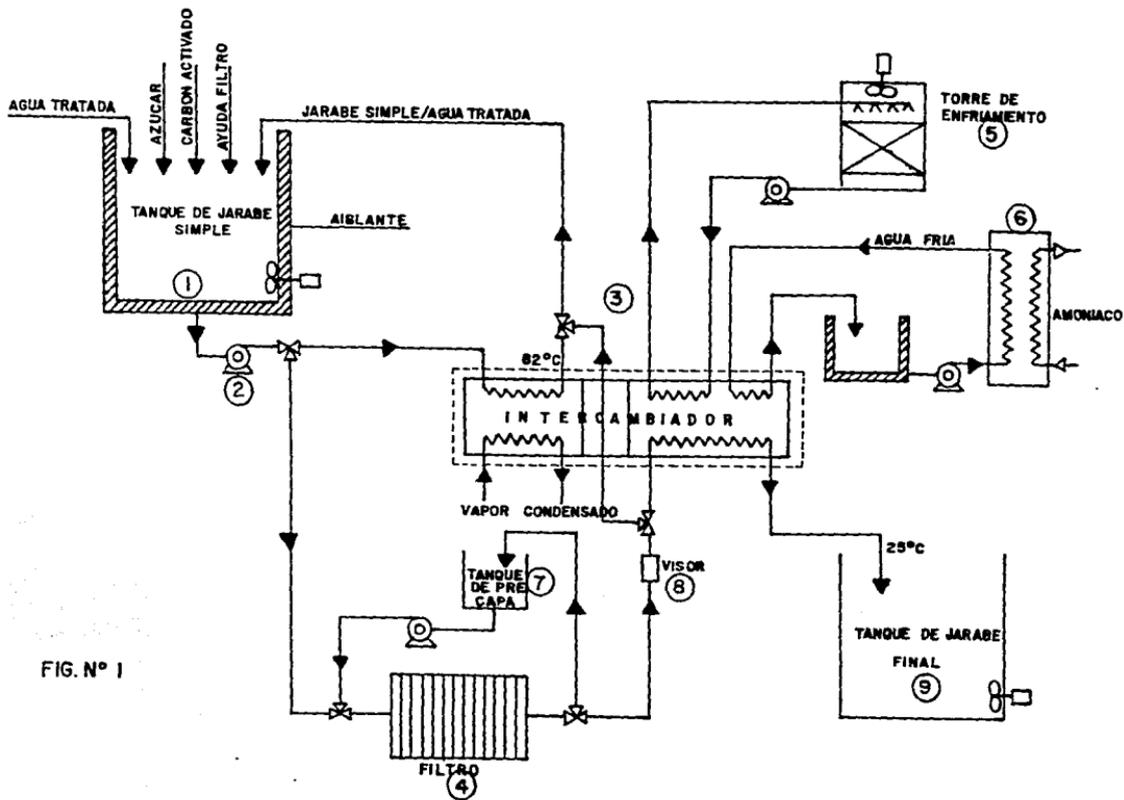


FIG. N° 1

# DIAGRAMA DE FLUJO TRATAMIENTO DE AZUCAR CIRCUITO DE CALENTAMIENTO (LINEA GRUESA)

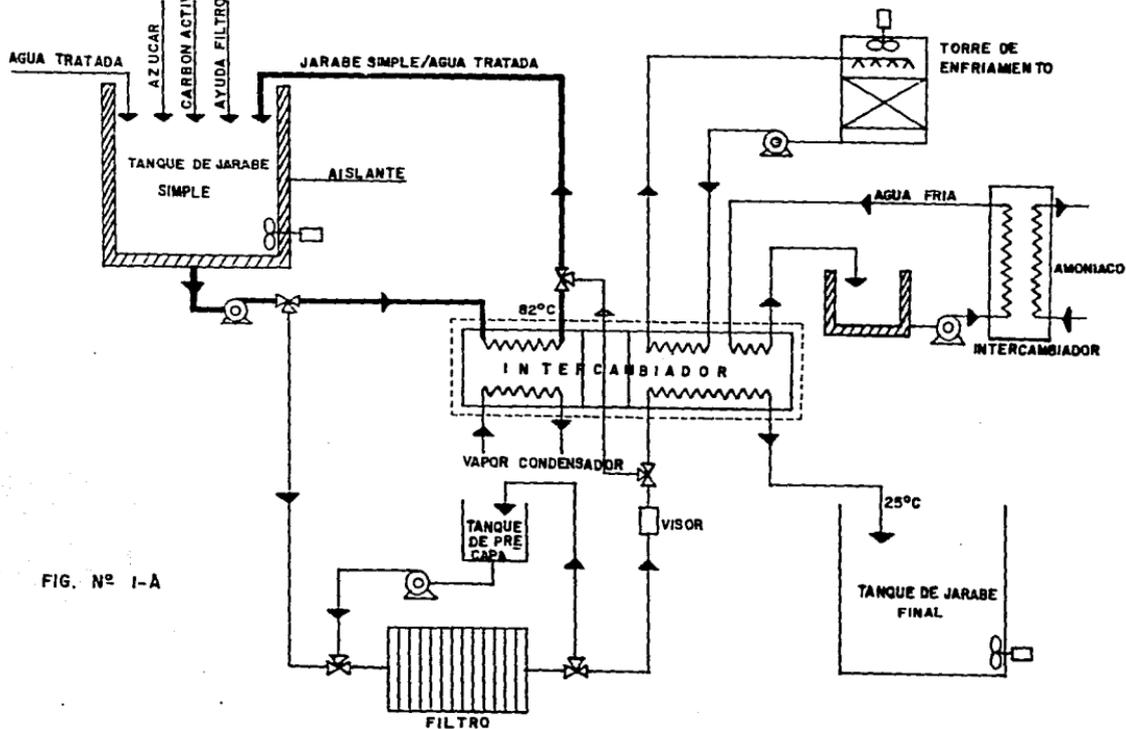


FIG. N° 1-A

# DIAGRAMA DE FLUJO TRATAMIENTO DE AZUCAR CIRCUITO DE PRECAPA (LINEA GRUESA)

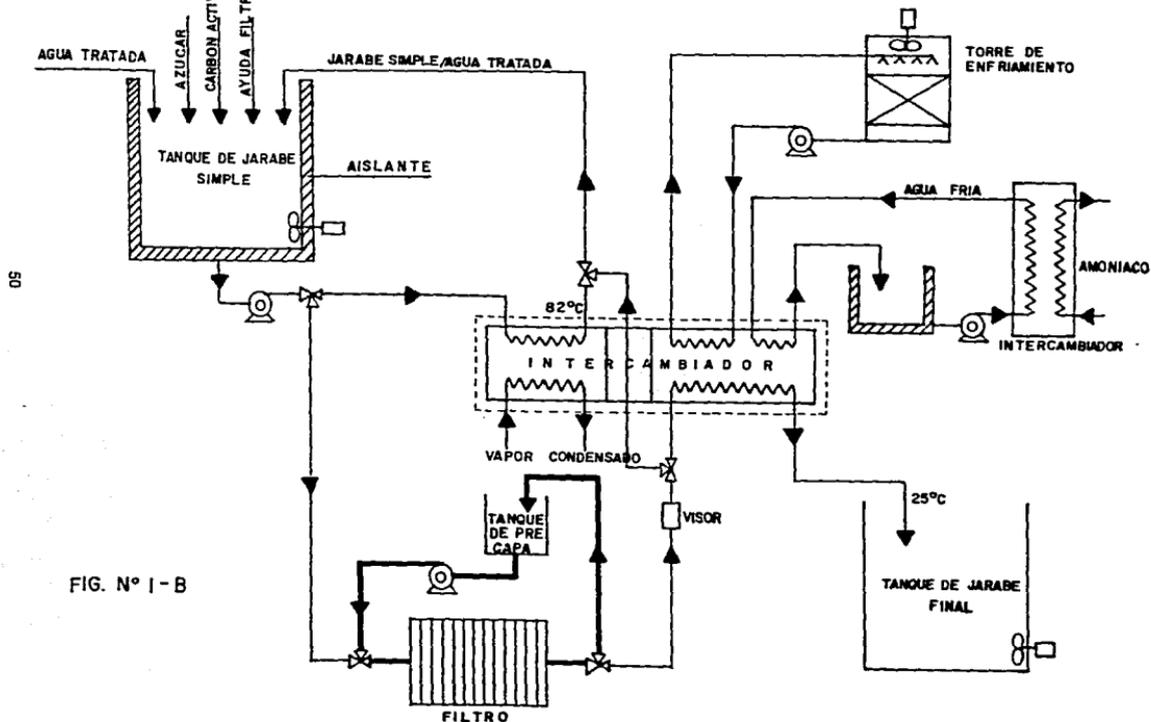


FIG. N° I - B

# DIAGRAMA DE FLUJO TRATAMIENTO DE AZUCAR

## CIRCUITO DE RECIRCULACION Y FILTRADO (LINEA GRUESA)

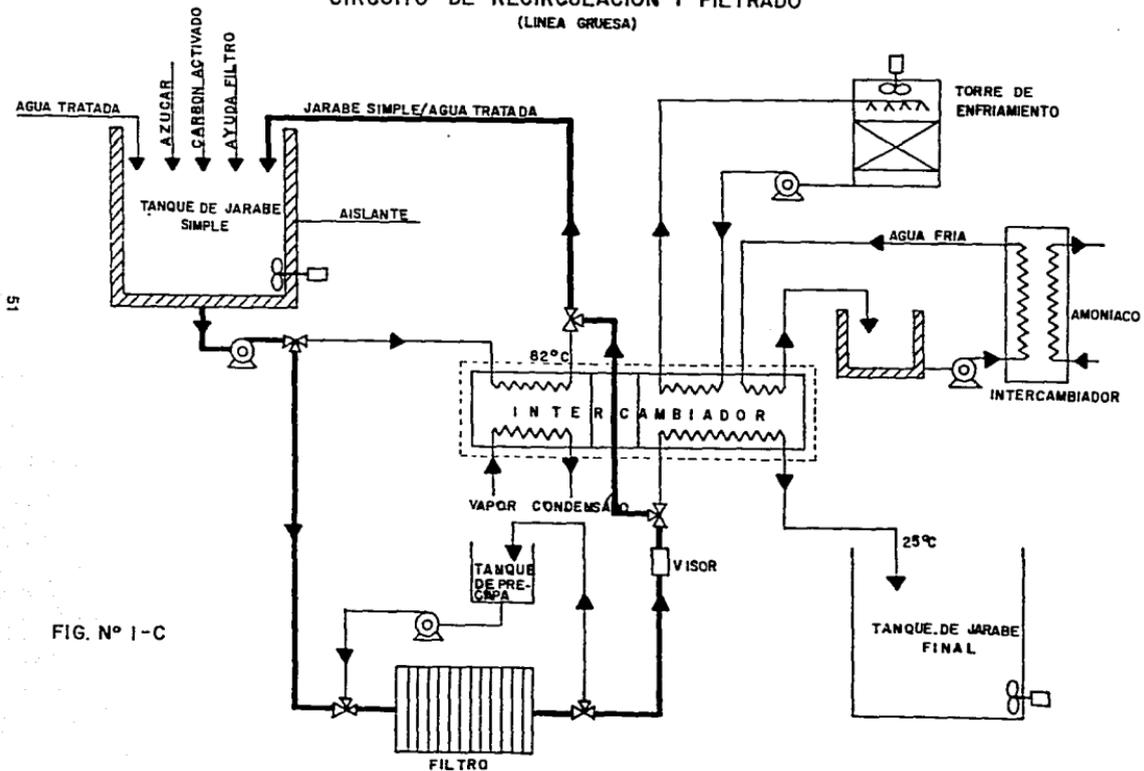


FIG. N° 1-C

# DIAGRAMA DE FLUJO TRATAMIENTO DE AZUCAR

## CIRCUITO DE ENFRIADO

(LINEA GRUESA)

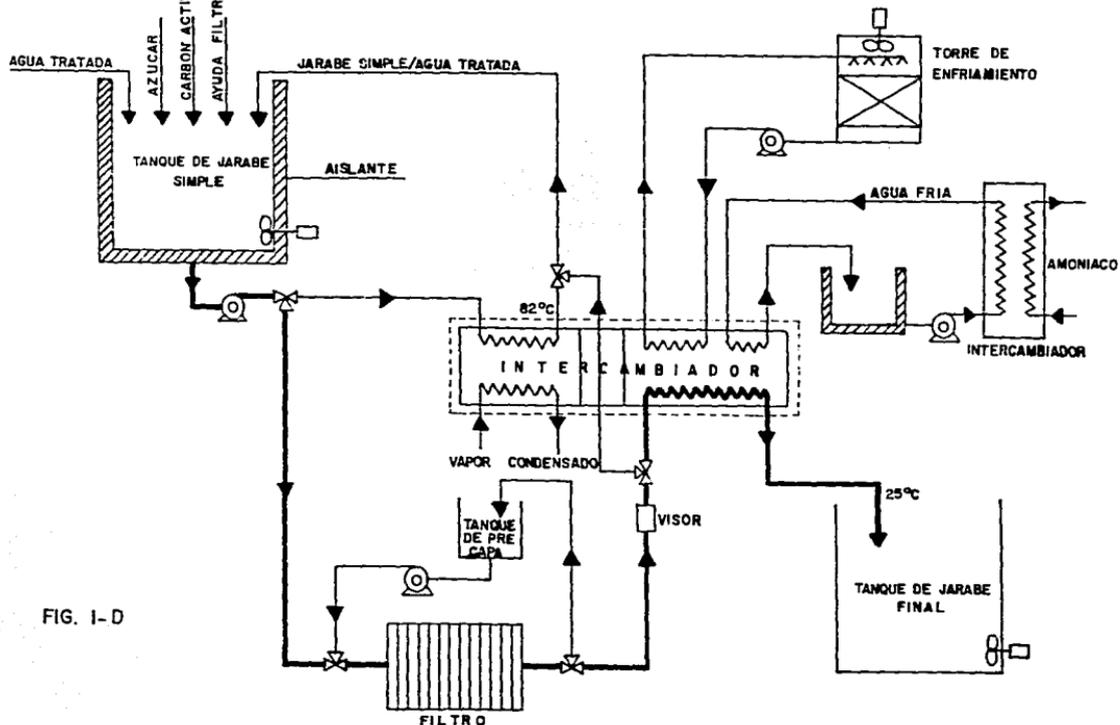


FIG. 1-D

## VI.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DE AZÚCAR ESTÁNDAR.

### a) PARÁMETROS GENERALES :

- 1.- Hacer la preparación en el menor tiempo posible .
- 2.- Filtrar en un tiempo máximo de una hora un flujo de 400 litros por hora por metro cuadrado de filtración

### b) ESTABLECIMIENTO DE LOS TIEMPOS DESEADOS PARA DESARROLLAR CADA UNA DE LAS ACTIVIDADES DEL PROCESO

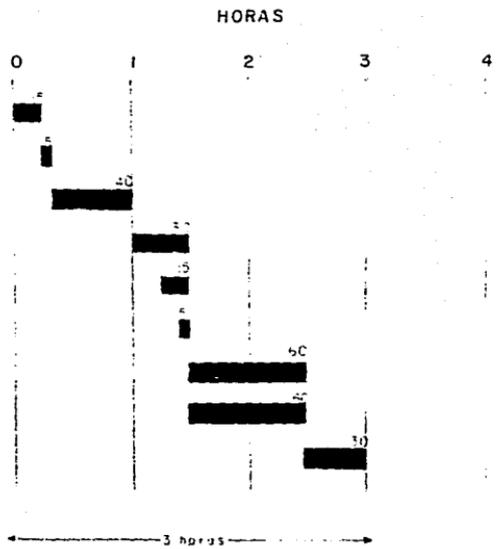
Ejemplo :

Actividad	Duración	Limitaciones
1. Adición de agua (Calentamiento)	15 min	Dependerá de la capacidad tanto de la caldera como del tratamiento de agua
2. Adición de carbón (Calentamiento)	15 min	Dependerá del sistema de vaciado del carbón
3. Adición del azúcar (recalentamiento)	40 min	Dependerá del número de personas para el vaciado del azúcar
4. Sostenimiento de la temperatura	30 min	No puede variar de 30 min
5. Filtrado	1 hora	Dependerá de la capacidad del filtro

EJEMPLO DE TABLA DE TIEMPO  
 PREPARACION DE JARABE SIMPLE  
 16,500 Litros

54

1. Llenado de tanque con 4,663 kg. de agua tratada y calentar de 20°C a 85°C
2. Adición de carbon activado
3. Adición de 11,234 kg de azúcar y recalentamiento
4. Sostenimiento de temperatura
- 4a Formación de precapa
- 4b Adición de ayuda filtro
5. Filtración
6. Enfriamiento de 15,700 lts. de jarabe simple a 25°C.
7. Limpieza



<b>6. Enfriado</b>	<b>1 hora</b>	<b>Dependerá de la capacidad el intercambiador de calor y estará sujeta a la velocidad de filtración</b>
<b>7. Limpieza</b>	<b>30 min</b>	<b>Dependerá del personal o sistemas de limpieza</b>

**8. Filtración :**

Es la parte sobre la cual gira todo el diseño del sistema, ya que da la pauta para seleccionar adecuadamente el resto del equipo. El filtro más recomendable es del tipo cerrado con placas verticales, ya que es el que requiere menor tiempo en su preparación y limpieza y no necesita abrirse entre cada preparación.

La limpieza se efectúa abriendo válvulas para la entrada de agua y para desechar la torta en la corriente acuosa. No requiere papel filtro.

La única desventaja es la posibilidad de una caída de la torta en caso de interrumpir el flujo.

**VII ).- CALCULO DEL EQUIPO PARA LAS DIRERENTES  
FASES DEL PROCESO**

**a) CALCULO DE CARGAS TERMICAS PARA CALENTAMIENTO**

**Cantidad de calor requerida :**

$$Q = W \times C_p \times \Delta t$$

**Donde :**

**Q = Cantidad de calor adicionado o quitado en Kcal/hr**

**W = Peso en Kg**

**C<sub>p</sub> = Calor especifico Kcal/kilogramo – °C**

**Δt = t<sub>2</sub> – t<sub>1</sub>**

**t<sub>2</sub> = temperatura de salida °C**

**t<sub>1</sub> = temperatura de entrada °C**

**.- AGUA :**

**El agua que se calentará no será el total que requiere la preparación. Para un lote de 16,500 litros, habrá que restar lo siguiente :**

<b>Volumen de agua contenido en el filtro: al formar la precapa (depende de la marca y modelo usado en cada caso) :</b>	<b>2,000 Its</b>
<b>Volumen de agua de enjuague de tambores de concentrado :</b>	<b>400 Its</b>
<b>Volumen de agua para empujar el jarabe al final de cada preparación :</b>	<b>2,000 Its</b>
	<hr/>
<b>Total :</b>	<b>4,400 Its</b>

Agua a ser calentada :  $9,075 - 4,400 = 4,675$  Its

W = peso del agua :  $4,675$  Its =  $4,663$  kgs

Cp (del agua) =  $1$  kilocaloria / kilogramo - °C

$\Delta t = 85 - 20 = 65$  °C

**Sustituyendo :**

$Q = 4,663 \times 1 \times 65 = 298,432$  Kcal

Si la caldera tiene una eficiencia del 80% y :

1 caballo caldera -  $8,435.5$  Kcal/hr

Capacidad =  $298,432 / (8,435.5) (0.80) = 44$  caballos caldera para calentar el agua en 1 hora. La cantidad de calor requerida para calentar esa misma agua pero en 15 minutos:

$$298,432 \times (60/15) = 1,193,728$$

y la capacidad aumenta :

$$\text{capacidad} = 1,193,728 / (8,435.5) (0.80) = 176 \text{ caballos caldera}$$

- JARABE SIMPLE :

Considerando una pérdida de azúcar de 0.5% del peso del azúcar en el tanque de jarabe simple se tiene :

$$\text{Cantidad de azúcar} = 11,177 \times 1.005 = 11,233 \text{ kgs}$$

El calor necesario para elevar a 82 °C la temperatura de la mezcla agua – azúcar, suponiendo que al terminar el vaciado la temperatura sea de aproximadamente 50 °C.

W = peso del agua + peso del azúcar

$$W = 4,663 \text{ kg} + 11,233 \text{ kg}$$

$$W = 15,896 \text{ kg}$$

$$C_p \text{ (de la mezcla)} = 0.64$$

$$\Delta t = 82 \text{ °C} - 50 \text{ °C} = 32 \text{ °C}$$

$$Q = 15,896 \times 0.64 \times 32 = 325,550 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{capacidad} = 325,550 / (8,435.5) (0.80) = 48 \text{ caballos caldera para calentar la mezcla agua – azúcar en una hora}$$

Suponiendo que al vaciar el último saco de azúcar, se desea alcanzar la temperatura de tratamiento en 15 minutos, la capacidad varía entonces en la forma siguiente :

$$48 \times (60/15) = 193 \text{ caballos caldera}$$

- EQUIPOS :

Intercambio de calor :

Los intercambiadores de calor recomendados para operar en las Plantas son de tipo placas, debido a su rapidez para lograr el intercambio, ya sea para calentar o para enfriar.

Datos técnicos para el calentamiento :

Temperatura máxima de trabajo : 85 °C (181.4 °F).

El diseño es de 100 °C (212 °F).

Presión máxima de trabajo :	2.1 kg/cm <sup>2</sup> , 3.5 kg/cm <sup>2</sup>
Presión hidrostática de prueba :	10 kg/cm <sup>2</sup>
Calentamiento a base de vapor :	
Para agua : 4,675 lts	De la temperatura ambiente del lugar hasta 85 °C
Para jarabe : 15,700 lts	Desde 50 °C hasta 85 °C, los tiempos son opcionales

**Durante la recirculación a través del calentador, entrará el jarabe conteniendo 0.5% del peso del azúcar de carbón activado.**

**CALDERA :**

**La caldera necesaria para el calentamiento está supeidit:ada al flujo y al tiempo en que se quiera calentar el jarabe simple, en la tabla (RESUMEN DE DATOS PARA EQUIPO AUXILIAR), podemos ver la capacidad de la caldera para cada tamaño de lote y una hora de calentamiento.**

**En este punto donde se puede ahorrar tiempo durante la preparación. Es decir, al aumentar la capacidad de la caldera se disminuye el tiempo de calentamiento por lo que los requerimientos de caballos de caldera variarán entre : 50 BHP a 250 BHP y una presión de diseño de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>.**

**Es conveniente tomar en consideración el tipo de combustible disponible, es decir, diesel, petróleo pesado, gas natural, etc.**

**En calderas mayores de 100 BHP, el ahorro de utilizar petróleo pesado es considerable. Es necesario también verificar la capacidad del tratamiento de agua porque de nada sirve una caldera de 200 BHP para calentar en 15–20 minutos, si el tratamiento proporciona el agua correspondiente en una hora.**

b).- CALCULO DE ENFRIAMIENTO :

**CANTIDAD DE CALOR PARA SUSTRAR EL JARABE :**

**W = peso del agua tratada adicionada al tanque + peso del agua contenida en el filtro + peso del azúcar**

$$W = 4,663 \text{ kg} + (2,000/1.0025519) \text{ kg} + 11,233.6 \text{ kg}$$

$$W = 17,891 \text{ kg}$$

$$C_p = 0.64$$

Al mezclar el agua fría (20 °C) contenida en el filtro que fué utilizado para formar la precapa, se obtiene una disminución en la temperatura del jarabe a aproximadamente 76 °C. En la primera etapa, deberá abatirse la temperatura de 76 °C a 35 °C, por tanto la  $\Delta t$  es :

$$\Delta t = 76 - 35 = 41 \text{ °C}$$

Así sustituyendo valores :

$$Q = 17,891 \times 0.64 \times 41 = 469,473 \text{ Kcal/hr}$$

Este abatimiento se logrará mediante torre de enfriamiento.

Suponiendo la eficiencia de la torre de enfriamiento en un 80% :

$$\text{Una tonelada de refrigeración} = 3,024 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{capacidad} = 469,473 / (3,024) (0.80) = 194 \text{ ton de refrigeración}$$

Cuando se requiere el jarabe simple a 25 °C, es necesario hacer uso de un enfriador de agua de la siguiente capacidad :

$$W = 17,891$$

$$C_p = 0.84 \text{ a } 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = 35 - 25 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 17,891 \times 0.84 \times 10 = 150,284 \text{ Kcal/hr}$$

$$\text{capacidad} = 150,284 / (3,024) (0.80) = 62 \text{ ton de refrigeración}$$

Ambas etapas de refrigeración se efectuarán con intercambiadores de calor tipo placas, usando como medio enfriante agua a temperatura ambiente en la primera y agua helada en la segunda. Asimismo, la filtración y el enfriamiento se llevarán a cabo simultáneamente y con una hora de duración. Usando el mismo procedimiento para diferentes capacidades, se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla (RESUMEN DE DATOS PARA LA FILTRACION Y MATERIAS PRIMAS).

**TORRE DE ENFRIAMIENTO :** Lote de 16,500 litros.

Primera etapa del intercambiador de calor se logrará con torre de enfriamiento :

Flujo : 15,700 litros de jarabe simple 62.6 °Bx

Temperatura : De 76 °C hasta 35 °C.

**Estos 35 °C pueden variar dependiendo del lugar donde se instale el equipo pues la torre de enfriamiento puede lograrlo hasta donde se lo permita la temperatura del bulbo húmedo del lugar.**

**La segunda etapa del intercambiador de calor se logra por medio de agua helada, la cual se enfría por refrigeración mecánica :**

**Flujo : 15,700 litros de jarabe simple 62.6 °Bx**

**Temperatura : De 35 °C hasta 25 °C.**

Existen algunos lugares como : Durango, Toluca, Puebla, Zacatecas, etc., cuya temperatura de bulbo húmedo es de 17 °C (63 °F) en cuyo caso no sería necesario utilizar agua helada como medio de enfriamiento del jarabe simple en su última etapa.

En la mayoría de las Plantas será necesario contar con un equipo capaz de enfriar agua para a su vez enfriar el jarabe simple de aproximadamente 35 °C a 25 °C, lo cual logramos por medio de :

- Tanque de salmuera
- Banco de hielo
- Enfriador de agua (Chillers)

Para cualquier caso es necesario consultar con los fabricantes.

Especificaciones al fabricante para pedir Torre de Enfriamiento :

Temperatura de bulbo húmedo del lugar .

Flujo de agua en la Torre de enfriamiento (este dato lo proporciona el fabricante de intercambiadores de calor).

Temperaturas de entrada y salida a la torre de enfriamiento.

Carga térmica expresada en (BTU o KCAL).

**Para nuestro caso : Lote de 16,500 lts**  
**Flujo : 15,700 lts de jarabe simple 62.6 °Bx**

**Temperatura : Desde 76 °C hasta 35 °C**

**Carga térmica : Para 1 hr.**

**Calentamiento : 469,473 Kcal/hr**

**Temperatura del bulbo húmedo : (Temperatura BH de diseño) : de acuerdo al lugar donde se encuentre la Planta**

Existe también la posibilidad de utilizar un enfriador evaporativo que opere básicamente bajo el mismo principio de una torre de enfriamiento.

Tiene la ventaja de circular el agua de enfriamiento en un circuito cerrado evitando así la incrustación excesiva y sobre todo el peligro de contaminación que siempre existe en la torre de enfriamiento.

Las especificaciones requeridas para pedir cotización son las mismas que para una torre de enfriamiento.

#### **TUBERIAS Y ACCESORIOS :**

Toda tubería que esté en contacto con el producto debe ser de acero inoxidable 304 o 316. La tubería debe ser acabado sanitario No. 4.

Todas las conexiones o accesorios deben ser sanitarias tipo Clamp de alta presión. Válvulas en contacto con el producto de acero inoxidable, ya sean de tres vías o de cierre rápido.

## RESUMEN DE DATOS PARA FILTRACION Y MATERIAS PRIMAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Preparación final Litros	Agua de filtración m <sup>2</sup> (pie <sup>2</sup> )	Volumen total de agua (Kg)	Peso de arcilla + 0.5 % Kg	Volumen de agua dentro del filtro. Litros Igual vol para empuje final	Volumen del concentrado agua de lavado. Litros final	Volumen agua a succionar en el inicio de preparación L (Kg) 3 - (2 x 5 + 6) final	Peso de agua + arcilla para colar 7 en Kg + 4 en Kg	Flujo de jarabe para colar L (Kg)
16,500	40 (430.4)	9,075 (9,052)	11,234	2,000	400	4,675 (4,662)	15,897	15,700 (17,891)
9,000	21.15 (430.4)	4,949 (4,936)	6,127	1,300	230	2,118 (2,113)	9,240	8,540 (9,526)
6,000	14 (150.64)	3,299 (3,291)	4,085	1,000	151	1,148 (1,145)	5,230	5,698 (6,228)
3,000	7 (76.32)	1,650 (1,646)	2,046	600	75	975 (2) (972)	3,018	2,950 (4) (3,018)
1,500	3.50 (37.66)	825 (823)	1,021	375	38	412 (3) (411)	1,342	1,424 (4) (1,087)

Notas -

- Flujo de filtración 400 Litros - hora. En todos casos.
- Columna 5. Este volumen debe ajustarse de acuerdo a la marca del filtro.
- Debido a que el volumen de agua contenido en el filtro resulta alto, comparado con el volumen total en las preparaciones de 1,500 y 3,000 litros, es conveniente usar jarabe para la formación de la precepa: 3 - (5 + 6).
- Considerando que la precepa se formó con jarabe.

RESUMEN DE DATOS PARA EQUIPO AUXILIAR

TIEMPO: 1 HORA

PREPARACION	CALENTAMIENTO DEL AGUA (caballos caldera) 20°C A 85°C	CALENTAMIENTO DEL AGUA (caballos caldera) 50°C A 82°C	ENFRIAMIENTO 1a ETAPA (TON. DE REFRIGERACION) 78°C A 35°C	ENFRIAMIENTO 2a ETAPA (TON. DE REFRIGERACION) 35°C A 25°C
	Cp = 1	Cp = 0.64	Cp = 0.64	Cp = 0.84
16,500	44	48	194	62
9,000	20	25	103	33
6,000	11	16	67	22
3,000	10	10	33	11
1,500	4	5	12	4

SE CONSIDERAN EFICIENCIAS DE EQUIPO DEL 80%

### **VIII.- ADAPTACION DE EQUIPO EN PLANTAS EMBOTELLADORAS DE MEXICO**

**Al hacer la selección del equipo hay que tomar en cuenta las tendencias de crecimiento para que el equipo, además de cubrir las necesidades actuales responda a las condiciones futuras.**

**Para lo cual debe analizarse el número de preparaciones actuales y a futuro y su tamaño, pues en el transcurso del tiempo se pueden necesitar preparaciones mayores.**

**Suponiendo que se requiera pasar de 9,000 lts a 16,500 lts, habría que :**

**Ver qué equipos actuales pueden ser utilizados para evitar una inversión muy grande (tanques, bombas, caldera, etc)**

**Verificar áreas adecuadas para la localización del nuevo equipo que sean funcionales**

**Seleccionar el filtro más adecuado pensando solamente en la calidad del producto y por tanto, el equipo adyacente correspondiente**

#### **- TANQUE DE JARABE SIMPLE :**

**Los tanques de jarabe simple que existen en las Plantas Embotelladoras pueden ser utilizados para el tratamiento de azúcar.**

## **IX ) REQUERIMIENTOS DE ESPACIO**

**Uno de los principales problemas estriba en el acomodo del nuevo equipo.**

**A continuación se describen las dimensiones de cada uno de los equipos para las distintas preparaciones :**

### **- TANQUE :**

**Los actuales tanques de jarabe simple pueden hacer la función de tanque de cocimiento.**

### **- INTERCAMBIADORES DE CALOR :**

**Los intercambiadores de calor constan de un bastidor donde se acomodan las placas de intercambio, para todas las preparaciones se utiliza el mismo modelo, únicamente cambia el número de placas utilizando al mismo bastidor.**

Las dimensiones de éste son :

	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)
16,500	6,000 - 3,300	800	1,750
9,000	6,000 - 3,300	800	1,750
6,000	6,000 - 3,300	800	1,750
3,000	6,000 - 3,300	800	1,750
1,500	6,000 - 3,300	800	1,750

FILTRO :

De acuerdo con los catálogos de los fabricantes :

Preparación	Altura total (mm)	mm Ø
16,500	3,327	1,371
9,000	3,327	1,219
6,000	2,946	914
3,000	2,540	762
1,500	2,337	610

**CALDERAS :**

BHP	Long. Tot. (mm)	Alt. Tot. Piso a brida chimenea (mm)	Ancho. Tot.
-----	--------------------	---	-------------

16,500	200	5,990	2,310	1,930
9,000	125	4,460	2,310	1,930
6,000	80	4,350	1,930	1,600
3,000	40	3,560	1,510	1,270
1,500	20	2,440	1,510	1,270

**TORRES DE ENFRIAMIENTO :**

Las torres de enfriamiento varían según el diseño de cada fabricante :

Ancho	Largo	Alto (mm)
-------	-------	-----------

16,500	4,000	2,530	2,500
--------	-------	-------	-------

(dos torres)

9,000	2,370	2,530	2,500
6,000	1,600	2,480	2,400
3,000	1,310	1,880	1,770
1,500	1,100	1,880	1,770

Puesto que las condiciones climatológicas varían en cada lugar, cuando se proyecte un sistema y se seleccione un equipo, éste puede ser diferente al aquí expuesto en capacidad y dimensiones.

Con los datos anteriores es fácil darnos cuenta que los requerimientos de espacio para el tratamiento de azúcar puede minimizarse de tal forma que sugerimos las áreas siguientes aproximadas :

1,500 L : fig A

1.- Filtro	762 mm Ø
2.- Intercambiador	600 a 3,300 x 800
3.- Tanque 3,000 L	1,170 mm Ø
4.- Panel de control	600 x 300
5.- Tanque de precapa	400 mm Ø

Area = 4,000 x 5,000 = 20 m<sup>2</sup>

3,000 L : fig B

1.- Filtro	762 mm Ø
2.- Intercambiador	1,800 mm x 800 mm
3.- Tanque 6,000 L	1,554 mm Ø
4.- Panel de control	700 x 300
5.- Tanque de precapa	465 mm Ø

Area = 27 m<sup>2</sup>

**6,000 L : fig C**

1.- Filtro	714 mm Ø
2.- Intercambiador	2,100 mm x 800 mm
3.- Tanque 6,000 L	1,940 mm Ø
4.- Panel de control	700 x 300
5.- Tanque de precapa	465 mm Ø

**Area = 32.5 m<sup>2</sup>**

**9,000 L : fig D**

1.- Filtro	1,219 mm Ø
2.- Intercambiador	3,000 mm x 800 mm
3.- Tanque 9,000 L	2,200 mm Ø
4.- Panel de control	1,000 x 400
5.- Tanque de precapa	600 mm

**Area = 48 m<sup>2</sup>**

**16,500 L : fig E**

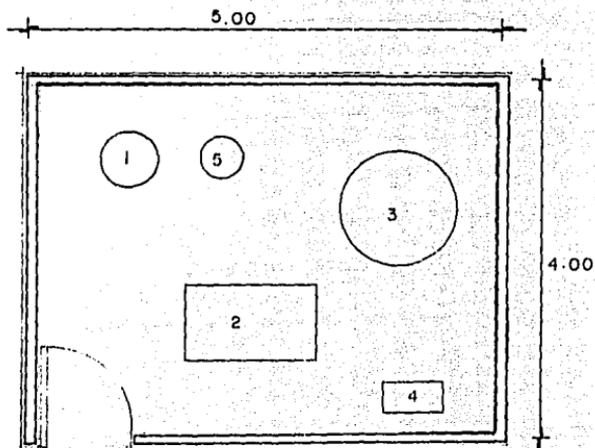
1.- Filtro	1,400 mm Ø
2.- Intercambiadores	3,000 mm x 800 mm
3.- Tanques J.S.	2,800 mm Ø
4.- Panel del control	1,000 x 4,000
5.- Tanque de precapa	1,600 mm

**Area = 123.5 m<sup>2</sup>**

1,500 L.

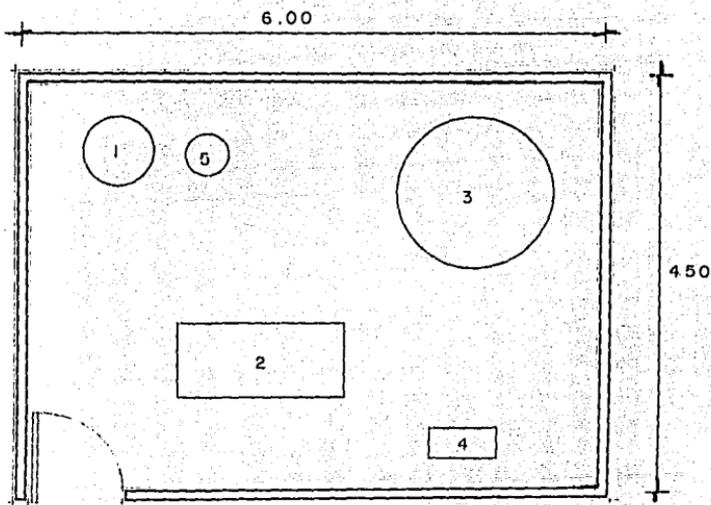
- 1- Filtro 762 mm  $\phi$
- 2- Intercambiador 600 a 3,330 x 800
- 3.- Tanque 3,000 L. 1,170 mm  $\phi$
- 4.- Panel de control 600 x 300
- 5.- Tanque precapa 400 mm  $\phi$

Area : 4,000 x 5,000 = 20m<sup>2</sup>



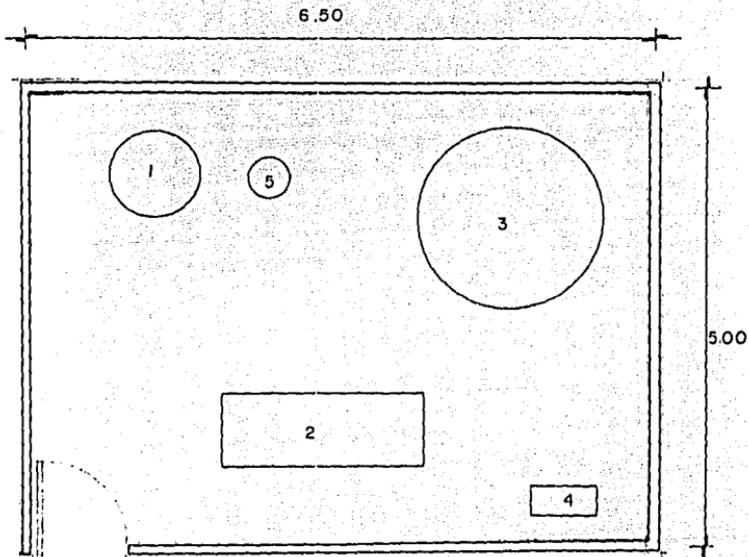
3,000 L.

- |                      |                   |
|----------------------|-------------------|
| 1.- Filtro           | 762 mm o          |
| 2.- Intercambiador   | 1,800 mm x 800 mm |
| 3.- Tanque 6,000 L.  | 1,554 mm o        |
| 4.- Panel de control | 700 x 300         |
| 5.- Tanque de precpa | 465 mm o          |
| Area                 | 27 m <sup>2</sup> |



6,000 L.

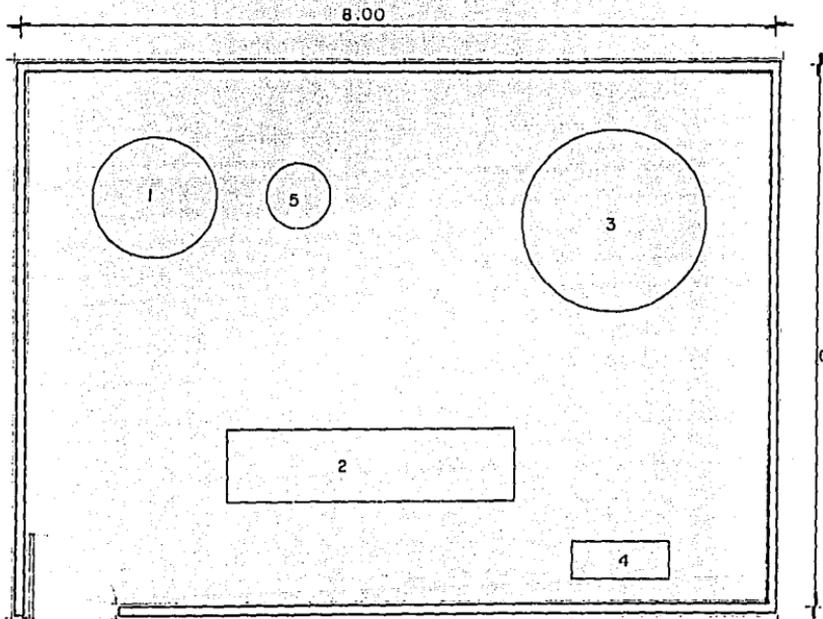
- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| 1.- Filtro            | 714 mm $\phi$       |
| 2.- Intercambiador    | 2,100 mm x 800 mm   |
| 3.- Tanque 6,000L.    | 1,940 mm $\phi$     |
| 4.- Panel de control  | 700 x 300           |
| 5.- Tanque de precapa | 465 mm $\phi$       |
| Area :                | 32.5 m <sup>2</sup> |



9,000L

- 1.- Filtro 1,219 mm  $\phi$
- 2.- Intercambiador 3,000 mm x 800 mm
- 3.- Tanque 9,000L 2,200 mm  $\phi$
- 4.- Panel de control 1,000 x 400
- 5.- Tanque de precapa 600 mm.

Area : 48 m<sup>2</sup>



16,500 L.

1.	Filtro	1,400 mm $\phi$
2.	Intercambiadores	3,000 mm x 800 mm 1,800 mm x 800 mm
3.	Tanques J.S.	2,800 mm $\phi$
4.	Panel de control	1,000 x 4,000
5.	Tanque de precapa	1,600 mm
	Area:	123.5 m <sup>2</sup>

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

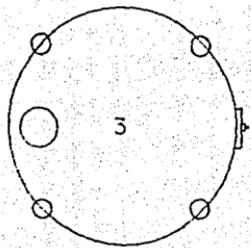
79

5.50

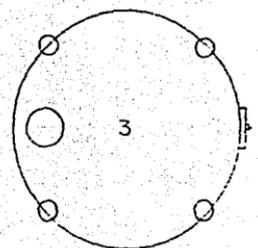
4.00

4

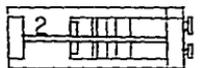
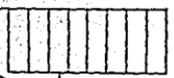
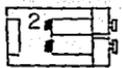
16,500 Lts.



\*tanque de jarabe simple 16,500



\*tanque de jarabe simple 16,500



## X.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS

De acuerdo a los precios vigentes en enero de 1994, se determinó que la inversión requerida en equipo y modificaciones a edificios, para un sistema de tratamiento de azúcar, fluctúa entre 278,62 y 661,57 nuevos pesos, dependiendo del tamaño de preparación de jarabe que se utilice y que, referido a la capacidad de producción de la planta, puede quedar comprendido dentro de los siguientes límites:

Tamaño de Lote de Jarabe Terminado	Producción Anual Cajas Físicas de 12 oz.
1,500 lts	hasta 1.1 millones
3,000 lts	hasta 2.2 millones
6,000 lts	hasta 4.3 millones
9,000 lts	hasta 6.5 millones
16,500 lts	arriba de 6.5 millones

La siguiente tabla nos resume información sobre la inversión requerida :

**COSTOS FIJOS :****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS**

	1.500,00	3.000,00	6.000,00	9.000,00	15.500,00
a) EQUIPO :	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº
-INTERCAMBIADOR DE CALOR :	40,000.00	40,000.00	40,000.00	65,000.00	85,000.00
-TORRE DE ENFRIAMIENTO :	9,000.00	9,000.00	12,000.00	16,000.00	18,500.00
-INSTRUMENTACION :	12,000.00	12,000.00	20,000.00	25,000.00	30,000.00
- Termóstato.					
- Manómetro.					
- Termómetros.					
-VALVULAS, TUBERIAS Y ACCESORIOS :	10,000.00	14,000.00	19,000.00	22,000.00	25,000.00
-BOMBEO :	6,000.00	9,000.00	12,000.00	16,000.00	20,000.00
-PANEL DE CONTROL :	8,000.00	10,000.00	12,500.00	15,000.00	17,000.00
<b>TOTAL EQUIPO:</b>	<b>85,000.00</b>	<b>104,000.00</b>	<b>115,500.00</b>	<b>159,000.00</b>	<b>195,500.00</b>

\* Los siguientes equipos :

caldera.

Tanque de jarabe simple.

Tanque de precapa.

Filtro de jarabe simple.

Serán aprovechados en el proceso de clarificación de azúcar.

**COSTOS FIJOS :****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS**

	<b>1.500,00</b>	<b>3.000,00</b>	<b>6.000,00</b>	<b>9.000,00</b>	<b>16.500,00</b>
<b>b) EDIFICIO :</b>	<b>N\$</b>	<b>N\$</b>	<b>N\$</b>	<b>N\$</b>	<b>N\$</b>
-PISO :	65.000,00	80.000,00	95.000,00	120.000,00	160.000,00
-ESTRUCTURA :	50.000,00	60.000,00	75.000,00	90.000,00	100.000,00
-TECHO :	15.000,00	16.600,00	18.000,00	22.000,00	24.000,00
-PAREDES :	15.000,00	20.000,00	25.000,00	30.000,00	40.000,00
-DRENAJES :	12.000,00	18.000,00	24.000,00	30.000,00	36.000,00
-ILUMINACION :	4.000,00	8.000,00	12.000,00	16.000,00	20.000,00
-VENTILACION :	9.000,00	15.000,00	18.000,00	24.000,00	30.000,00
<b>TOTAL EDIFICIO :</b>	<b>170.000,00</b>	<b>217.600,00</b>	<b>267.000,00</b>	<b>332.000,00</b>	<b>410.000,00</b>

**COSTOS FIJOS :****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS****(c) DEPRECIACION DE EQUIPOS :**

	1.500.00	3.000.00	6.000.00	9.000.00	16.500.00
	N\$	N\$	N\$	N\$	N\$
- VALOR ACTUAL EQUIPOS :	85,000.00	104,000.00	115,500.00	159,000.00	195,500.00
- VALOR DE RESCATE :	1,785.00	1,840.00	2,190.00	2,655.00	3,750.00
<b>DEPRECIACION :</b>	<b>8,322.00</b>	<b>10,216.00</b>	<b>11,331.00</b>	<b>15,835.00</b>	<b>19,175.00</b>

**(d) DEPRECIACION DE EDIFICIOS :**

	20.00	40.00	50.00	85.00	80.00
	N\$	N\$	N\$	N\$	N\$
- PESO DEL EDIFICIO ( TON ) :					
- VALOR DEL EDIFICIO :	170,000.00	217,600.00	267,000.00	332,000.00	410,000.00
- VALOR DE RESCATE :	17,000.00	21,760.00	26,700.00	38,200.00	41,000.00
- DEPRECIACION DEL EDIFICIO :	15,300.00	19,584.00	24,030.00	34,380.00	36,900.00

\* Vida útil en años = 10

\*\* A los 10 años se pagará por cada

Kg de edificio N\$ 0.10

$$\text{DEPRECIACION DE EDIFICIOS} = \frac{\text{VALOR EDIFICIOS} - \text{VALOR DE RESCATE}}{\text{AÑOS VIDA UTIL}}$$

**COSTOS FIJOS :****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS****(a) DEPRECIACION DE EQUIPOS :**

- PESO DEL EQUIPO EN ( Kg ) :

- INTERCAMBIADOR DE CALOR :

- TORRE DE ENFRIAMIENTO :

- INSTRUMENTACION :

- VALVULAS, TUBERIAS Y ACCESORIOS :

- BOMBEO :

- PANEL DE CONTROL :

**TOTAL PESO DEL EQUIPO :**

	1,500.00	3,000.00	6,000.00	9,000.00	18,500.00
Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
100.00	100.00	100.00	125.00	150.00	
500.00	500.00	650.00	800.00	1,000.00	
20.00	20.00	20.00	25.00	30.00	
500.00	525.00	600.00	720.00	1,200.00	
20.00	22.00	25.00	30.00	40.00	
50.00	60.00	65.00	70.00	80.00	
<b>1,190.00</b>	<b>1,227.00</b>	<b>1,460.00</b>	<b>1,770.00</b>	<b>2,500.00</b>	

\* Si el valor del Kilogramo de chatarra es de  
N\$ 1.50 en 10 años :

VALOR DE RESCATE :

Años de vida útil del equipo = 10 años.

DEPRECIACION DE EQUIPO =

N\$	N\$	N\$	N\$	N\$
1,785.00	1,840.00	2,190.00	2,635.00	3,750.00

$$= \frac{\text{VALOR ACTUAL EQUIPOS} - \text{VALOR DE RESCATE}}{\text{AÑOS VIDA UTIL}}$$

**RESUMEN COSTOS FIJOS :****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS**

	1,500.00	3,000.00	6,000.00	9,000.00	16,500.00
<b>COSTOS FIJOS :</b>	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº
a) EQUIPO :	85,000.00	104,000.00	115,500.00	159,000.00	195,500.00
b) EDIFICIO :	170,000.00	217,600.00	267,000.00	332,000.00	410,000.00
<b>c) SUBTOTAL ( a + b ) :</b>	<b>255,000.00</b>	<b>321,600.00</b>	<b>382,500.00</b>	<b>491,000.00</b>	<b>605,500.00</b>
d) DEPRECIACION EQUIPO :	8,322.00	10,216.00	11,331.00	15,635.00	19,175.00
e) DEPRECIACION EDIFICIO :	15,300.00	19,584.00	24,030.00	34,380.00	36,900.00
<b>f) SUBTOTAL ( d + e ) :</b>	<b>23,622.00</b>	<b>29,800.00</b>	<b>35,411.00</b>	<b>50,015.00</b>	<b>56,075.00</b>
<b>TOTAL COSTOS FIJOS ( c + f ) :</b>	<b>278,622.00</b>	<b>351,400.00</b>	<b>417,911.00</b>	<b>541,015.00</b>	<b>661,575.00</b>

**COSTOS VARIABLES:****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS**

PRODUCCION ANUAL ( millones de cajas 12 oz )

Área de filtración ( m2 ) :

a) MATERIA PRIMA:

- AZUCAR ESTANDAR : N\$ 1.6/Kg.
- CARBON ACTIVADO ( 0.8% ) : N\$ 1.2/Kg.
- AYUDA FILTRO ( 0.8% ) : N\$ 0.45/Kg.
- PRECAPA [ 0.7%/m2 área filtración ] : N\$ 4.5/Kg.

-SUBTOTAL ( \$ ) :

1.500,00	3.000,00	6.000,00	9.000,00	16.500,00
1,1	2,2	4,3	6,5	mayor 6,5 a 10
3,6	7,0	14,0	21,16	40,0
1.586.108,00	3.188.072,00	6.231.230,00	9.419.302,00	14.491.235,00
9.564,00	19.128,00	37.387,00	56.515,00	88.947,00
3.586,00	7.173,00	14.020,00	21.193,00	32.605,00
10.804,00	21.621,00	42.260,00	64.339,00	102.110,00
<b>1.610.060,00</b>	<b>325.994,00</b>	<b>6.324.897,00</b>	<b>9.561.349,00</b>	<b>14.712.897,00</b>

\* Por unidad de 1,500.00 Lts de jarabe terminado, se utilizan 203.2 Kg de azúcar estándar.

\*\* Se incluye el 0.5 % de merma de azúcar estándar.

**COSTOS VARIABLES:****LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS**

	1.500,00	3.000,00	6.000,00	9.000,00	18.500,00
<b>PRODUCCION ANUAL ( millones de cajas 12 oz ):</b>	1.1	2.2	4.3	6.5	mas de 6.5 a 10
<b>(b) SERVICIOS:</b>					
COMBUSTIBLE : N\$ 0.012 / caja.	13.200,00	26.400,00	51.600,00	78.000,00	120.000,00
-AGUA : N\$ 0.004 / caja.	4.400,00	8.800,00	17.200,00	26.000,00	40.000,00
-ENERGIA ELECTRICA : N\$ 0.015 / caja.	16.500,00	33.000,00	64.500,00	97.500,00	150.000,00
<b>(SUBTOTAL ( b ) :</b>	<b>34.100,00</b>	<b>68.200,00</b>	<b>133.300,00</b>	<b>201.500,00</b>	<b>310.000,00</b>
<b>(c) MANTENIMIENTO:</b>					
( 2% INVERSION EN EQUIPO ):	510,00	1.020,00	702,00	240,00	1.148,00
<b>(d) TOTAL COSTOS VARIABLES = ( a + b + c ):</b>	<b>1.644.670,00</b>	<b>3.305.214,00</b>	<b>6.368.899,00</b>	<b>9.762.789,00</b>	<b>15.024.042,00</b>

\* Los costos de mano de obra directa y de supervisión se cargan al proceso normal de preparación de jarabes al igual que el del laboratorio y material para el mismo.

**COSTOS ANUALES DE FABRICACION:**

**LOTE DE JARABE TERMINADO EN LITROS**

	1.500,00	3.000,00	6.000,00	9.000,00	18.500,00
<b>PRODUCCION ANUAL ( millones de cajas 12 oz ):</b>	1.1	2.2	4.3	6.5	mayor 6.5 a 10
	Nº	Nº	Nº	Nº	Nº
<b>COSTOS FIJOS:</b>	278.622,00	351.400,00	417.911,00	541.015,00	661.575,00
<b>COSTOS VARIABLES:</b>	1.644.670,00	3.305.214,00	6.368.899,00	9.763.789,00	15.024.043,00
<b>COSTO TOTAL : anualizado con azúcar estándar.</b>	1.923.292,00	3.656.614,00	6.786.810,00	10.304.804,00	15.685.618,00
<b>COSTO ANUAL / caja 12 oz. AZUCAR ESTANDAR :</b> Actualmente se utiliza azúcar refinada al 100%.	1,75	1,66	1,58	1,58	1,56
<b>COSTO ANUALIZADO AZUCAR REFINADA : N° 2 / Kg.</b>	1.982.632,00	3.965.264,00	7.750.290,00	11.715.555,00	18.023.930,00
<b>COSTO TOTAL CON AZUCAR REFINADA : ( anualizado )</b>	2.319.818,00	4.433.806,00	8.305.870,00	12.601.057,00	19.218.313,00
<b>COSTO ANUAL / caja 12 oz. AZUCAR REFINADA :</b>	2,11	2,01	1,93	1,93	1,92
<b>RETORNO DE INVERSION ( meses ):</b>	2,30	1,35	0,43	0,30	0,22

Las plantas que consuman arriba de 10,500 toneladas anuales de azúcar estarán en posibilidades de recuperar sus gastos con el tratamiento del 10% que recibe actualmente.

La tabla No. 3 resume información sobre inversión requerida, costos variables y fijos.

**c ).-PROYECCION A DIEZ AÑOS DE COSTOS VARIABLES :**

Se analizó el comportamiento de los costos variables en los próximos diez años partiendo de la información disponible en 1993 y las tendencias de aumentos de precios esperados para cada una de las materias primas, energéticos y servicios.

Los resultados pueden verse en la tabla No. 4.

**d ).- COSTEABILIDAD DEL SISTEMA :**

Se determinó la costeabilidad del sistema de tratamiento en tres casos reales :

	<b>Tamaño de Lote</b>	<b>Producción Anual Millones Cajas Físicas</b>
<b>Planta A</b>	<b>1,500</b>	<b>1.9</b>
<b>Planta B</b>	<b>6,000</b>	<b>4.0</b>
<b>Planta C</b>	<b>16,500</b>	<b>11.5</b>

Utilizando los pronósticos de ventas se estimaron las necesidades de azúcar en los próximos diez años y se encontró que para superar el punto de equilibrio económico, las plantas deben tratar las siguientes proporciones de azúcar estándar :

Planta A	30%
Planta B	15%
Planta C	10%

Tomando en consideración el panorama que representa el suministro de azúcar en un futuro inmediato, es de esperarse que el porcentaje de azúcar estándar se incrementará muy rápidamente, de tal forma que aún las plantas de menor capacidad podrán efectuar el tratamiento sin necesidad de incurrir en gastos adicionales y hasta con posibilidades de obtener reducciones de costos si los volúmenes manejados son altos.

## **XI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

**El presente estudio pretende ser una guía aplicable en muy diversas situaciones, de tal forma que pueda utilizarse al analizar las posibles alternativas para el tratamiento de azúcar estándar en las Plantas Embotelladoras.**

**Las recomendaciones sobre qué niveles de azúcar deben tratarse son las siguientes :**

**a).- En frío ( temperatura ambiente ), con uso de carbón activado pulverizado y ayuda - filtro : No más del 20% del suministro total.**

**b).- En caliente ( 82°C) con uso de carbón pulverizado y ayuda- filtro : arriba del 20%.**

**El carbón activado es un agente muy eficiente para remover color, olor y sabor. Sin embargo, otro de los problemas que presenta el azúcar estándar es el contenido de impurezas causantes de floculación, las cuales son removidas en gran parte durante la filtración por efecto de la precapa y de la torta misma, pero no la totalidad. Por tal motivo, aunque es altamente recomendable la implementación de sistemas de tratamiento en caliente con carbón activado pulverizado, el uso de azúcar estándar procesada puede restringirse si la calidad es muy baja.**

Dentro del proceso de elaboración de bebidas la materia prima que representa el mayor costo es el azúcar refinada. Utilizando azúcar estándar ahorraremos el 20% en la fabricación de jarabe simple.

Este proyecto es de gran rentabilidad para todas las plantas refresqueras a nivel nacional, sin embargo es aplicable a realizar mezclas de azúcar estándar-refinada con el objetivo de cuidar el sabor de las bebidas carbonatadas.

Se recomienda realizar estas mezclas hasta en un 50%, esto es estratégico pues la capacidad de refinación de los ingenios del país no ha sido ampliado en los últimos 15 años, lo cual llevará en el corto plazo a tenerse que importar este endulzante pues dentro de la industria de bebidas gaseosas se incrementan anualmente el 10% las ventas. La recuperación de la inversión se lleva a cabo en tiempo menor al corto plazo teniéndose las siguientes utilidades anualizadas :

LOTE DE JARABE TERMINADO					
	1,500	3,000	6,000	9,000	16,500
	N\$	N\$	N\$	N\$	N\$
100% ( *)	320,525	689,758	1,464,634	2,353,659	3,467,929

(\*) AZUCAR ESTANDAR.

**Los buenos hábitos de manufactura incluyendo el área donde se realice el proceso de clarificación de azúcar, así como, un estricto control de calidad tanto en las materias primas y proceso harán que las embotelladoras recuperen inmediatamente la inversión en instalaciones - equipo generando atractivas utilidades sin comprometer la calidad de las bebidas gaseosas fabricadas.**

## BIBLIOGRAFIA

Proceso de transferencia de calor

Donal Q. Kern

Cia. Editorial Continental.

16ª edición.

México, Julio 1982

Heat trasmission

William H. Mc Adams

McGraw Hill book company

New York and London, 1992

Theory and practice of heat engines

Virgil Moring Faires

The Mcmillan Company

Fourth printing.

New York, 1953.

Operaciones básicas de la Ingeniería Química

Brown

Editorial Marín, S. A.

España, 1965

**Principios de tecnología azucarera**

Tomo I, II, III

Pieter Honig.

Cia. Editorial Continental

4ª reimpresión

México, Noviembre 1982.

**Principios de operaciones unitarias**

Alan S. Foust

Leonard A. Wenzel

Cia. Editorial Continental

IIª Impresión

México, Enero 1978.

**Operaciones de transferencia de masa**

Robert E. Treybal

McGraw Hill de México

2ª edición

México, Enero 1984.

**Termodinámica Química para Ingenieros**

Richard E. Balzhiser

Michael R. Samuels

Prentice Hall

México, Noviembre 1984

Ingeniería Económica

Leland Blank

Anthony Tarquin

McGraw-Hill de México

2ª edición

México, Agosto 1986

Ingeniería económica

James L. Riggs

Representaciones y Servicios de ingeniería

México, 1983

Manual del Ingeniero Azucarero

Spencer - Mead

Editorial Alltambra

Bogotá - Colombia, 1984

Introducción a la Termodinámica

en Ingeniería Química

Smith/Van Ness

McGraw-Hill de México

México, Marzo 1981.

Vapor de agua teoría y aplicaciones

Editorial Limusa

1ª edición

México, 1987

Bombas, su selección y aplicación

Tyler G. Hocks

Cía. Editorial Continental

16ª impresión

México, Julio 1982

Chemical Engineers Handbook

Robert H. Perry

Cecil H. Chilton

International Student Edition

McGraw Hill

Fifth Edition

Japan, 1973

Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones

Manuel Viejo Zubicaray

Editorial Limusa

2ª edición

México, 1983

Manual de Calderas SELMEC

Cleaver. Brooks

2ª edición

México, Marzo 1981.

Procesos de Ingeniería Química

G. D. Ulrich

Nueva Editorial Interamericana

1ª edición

México, 1986.

Balances de Materia y Energía

G.V. Reklaitis

Nueva Editorial Interamericana

México, 1986

Fundamentos de aire acondicionado  
y refrigeración

Eduardo Hernández Goribar

Editorial Limusa

7ª reimpresión

México, 1987

**APENDICE I  
PROVEEDORES**

**CALDERAS :**

**CLAYTON**

**Carrizo No. 54**

**Unidad Industrial Vallejo**

**México 14, D.F.**

**Ing. José Herrera G.**

**SELMEC**

**Manuel María Contreras No. 25**

**México 4, D.F.**

**Ing. Manuel Castañón.**

**MATERIAL ACCESORIOS DE ACERO INOXIDABLE :**

**CIESA**

**Filiberto Gómez No. 100  
Tlalnepantla, Edo. de México  
Sr. Eloy Fonseca.  
INOX, S.A.**

**Av. Central No. 226  
México 14, D.F.  
Sr. Enrique Portilla.**

**ASESORES EQUIPOS DE BOMBEO**

**Acacias No. 15-A  
México 4, D.F.  
Sr. José Simón.**

**TANQUES DE ACERO INOXIDABLE :**

**EQUIPOS INOXIDABLES AZTECA**

**Ave. Central No. 226**

**México 14, D.F.**

**Sr. Humberto Gama de León.**

**CASA WILLIAM MAYER, S.A.**

**Inguarán No. 5625**

**México, 14, D.F.**

**Ing. Mario Barrón.**

**CROWN-CORK DE MEXICO, S.A.**

**134 Poniente No. 583**

**Col. Industrial Vallejo**

**México 16, D.F.**

**BOMBAS :**

**MANUFACTURERA TOSA**

**Emiliano Zapata No. 41**

**San Juan Ixhuatepec**

**Ing. Oscar Valdés.**

**MOTORES ELECTRICOS DIAZ**

**Av. Morelos No. 24**

**México 1, D.F.**

**Sr. Sergio Diaz.**

**TORRES DE ENFRIAMIENTO**

**PRITCHARD**

**Homero No. 223-5o. piso,**

**Col. Polanco**

**México 5, D.F.**

**Srita. Chombo.**

**ECODYNE**

**Av. Baja California No. 245-307**

**México 11, D.F.**

**Srita. Carolina Barros.**

**RECOLD, S.A. DE C.V.**

**Morelos No. 98-Desp. 706**

**México 6, D.F.**

**Ing. Luis F. Pietra Santa.**

**MARLEY DE MEXICO, S.A. DE C.V.**

**Carr. Circunvalación No. 258,**

**Tlalnepantla, Edo. de México.**

**ENFRIADORES DE AGUA :**

**RECOLD, S.A. de C.V.**

**Morelos No. 98- Desp. 706,**

**México 6, D.F.**

**Ing. Luis F. Pietra Santa.**

**FRIGO-MECANICA, S.A.**

**Calle 1 No. 15,  
México 12, D.F.  
Ing. John Menig.**

**MAJALCA, S.A.**

**Villalongín No. 214-PB 3  
México 5, D.F.  
Sr. Hernando Gómez Saravia.**

**INTERCAMBIADORES DE CALOR :**

**A.P.V. ( CREMERY-PACK )**

**Insurgentes Sur No. 1188-222  
México 12, D.F.  
Ing. Jorge Hanau.**

**ALFA-LAVAL**

**Río Lerma No. 22,  
Tlalnepantla, Edo. de México.**

**CHERRY BURRELL**

**( Casa William Mayer )**

**Inguarán NO. 5625,**

**México 14, D.F.**

**Ing. Mario Barrón.**

**SIGMA PLATTEN**

**TABI, S.A. DE C.V.**

**Poniente 150 No. 734,**

**México 16, D.F.**

**MATERIAL DE ACERO AL CARBON :**

**HERRTUVA, S.A.**

**1a. Cerrada Observatorio No. 8-B**

**México 18, D.F.**

**Sr. Remigio Navega Pliego.**

**VYRSA**

**Av. Ferrocarril Central No. 542**

**México 16, D.F.**

**Sr. Daniel Álvarez Carrasco.**

**FILTROS :**

**FILTROS Y EQUIPO INDUSTRIAL, S.A.**

**Morelos No. 14**

**Col. El Vergel**

**México 13, D.F.**

**Ing. Ignacio Sánchez Medina.**

**INDUSTRIALES DELMEX, S.A.**

**Filtros Sparkler**

**Km. 17 Carr. México-Tlalnepantla**

**Apdo. Postal 103**

**Tlalnepantla, Edo. de México**

**Ing. Eugenio Melo Ruíz.**

**UTESA**

**United Technologies and Engineering, S.A.**

**Paseo Jinetes 12-6 Valle Dorado**

**Tlalnepantla, Edo. de México**

**Ing. Guillermo Castrejón**

**Ing. José A. García Gallego.**

**SCHENK FILTERBAU GMBH TABI, S.A. DE C.V.**

**Poniente 150 No. 734**

**México 16, D.F.**

**Ing. Pedro Cañedo B.**

**CARBON :**

**QUIMICA HOOKER, S.A.**

**Río Marne 17-2o. Piso**

**México 5, D.F.**

**( Carbón activado : Actibón S-61 ).**

**FILTRACION, S.A.**

**Km. 17 México-Tlalnepantla**

**Apdo. Postal 271**

**Tlalnepantla, Edo. de México**

**( Carbón activado : Actibón S-61 ).**

**AYUDA-FILTRO :**

**DICALITE DE MEXICO, S.A. LUBOSA**

**Bldv. Cervantes Saavedra No. 15**

**Col. Granada.**

**México 17, D.F.**

**( Solka - Floc BW - 40 y Dimesa 477 ).**

**JOHN MANVILLE MEXICANA**

**Calle 3 No. 27**

**Naucalpan, Edo . de México**

**( Filbra - Cel 4F e Hyflo Super - Cel ).**