

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química Berzelius

JOSE DE JESUS PEREZ GUTIERREZ

**“Efectividad de las resinas Industriales en el
tratamiento del jugo de caña”**

TESIS PROFESIONAL

MEXICO, D. F.

1953.



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

**A mis Padres:
Augusto Pérez Fco.
y
Ma. Engracia Gutiérrez**

**A mi Madre
y
Reyna de Jalostotitlán
la
Virgen de la Asunción.**

A mis Hermanos.

Siendo la Industria azucarera una de las primeras en la República Mexicana, quise escoger dentro de su campo el tema de mi Tesis para cooperar en la medida de mis fuerzas realizando un trabajo que a la vez que a mí me ha servido para ampliar mis conocimientos espero pueda servir por lo menos para hacer un incapié y señalar las ventajas que ofrece la utilización de las resinas cambiadores de iones en la producción del azúcar.

En este trabajo he escogido para su estudio cuatro resinas orgánicas sintéticas e industriales que son representantes de las variedades que se encuentran en el comercio y que llegado el caso serían las que se emplearían.

Quiero expresar mi agradecimiento al Sr. Director de la Facultad de Química Berzelius, Don Luis M. Vereca, al Sr. Ing. Quím. Fernando Urbina y a todos aquellas personas que an tenido a bien trabajar por mi formación, y prestarme su ayuda para efectuar la realización de éste trabajo.

S U M A R I O

- I.— INTRODUCCION.
- II.— DISCUSION GENERAL Y CLASIFICACION DE LAS RESINAS.
- III.— CONTROL DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS. COLOR, DENSIDAD, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA, CENIZAS, pH.
- IV.— EXPERIENCIAS EFECTUADAS.
 - a).— Selección de las resinas comerciales que van a ser utilizadas en este trabajo.
 - I R 120 TIPO ACIDO SULFONICO
 - I R C 50 TIPO ACIDO CARBOXILICO
 - I R 410 TIPO AMINA
 - I R 4B TIPO AMINA
 - b).— Tratamiento de los mieles en dos pasos:
 - CATIONICO Y ANIONICO.
 - En cuatro pasos
 - c).— Las dos resinas mezcladas.
 - d).— Azúcares formados después de un calentamiento
 - e).— Eficiencia de flujo.
- V.— CONCLUSIONES.

CAPITULO I.

INTRODUCCION.

La caña de azúcar es una gramínea perteneciente al género *Sacharum*. Se presentan infinitas variedades en los países tropicales y subtropicales debido a las condiciones del suelo, clima y forma de cultivo.

En la caña de azúcar, Stöbis, reconoce tres clases; y las divide: en blancas, amarillas y verdes. Cañas de colores, las cañas de color abundan en los países subtropicales mientras que las de colores claros se favorecen en los climas tropicales.

Crecimiento.— La caña de azúcar se propaga por medio de yemas o brotes que salen en los nudos. Los troncos de caña se siembran cubriéndolos con muy poca tierra. Cada yema produce una planta, y de cada una de ellas brotan otras las cuales forman un platón. En condiciones favorables las siembras duran varios años y nuevas plantas llamadas retoños, brotan del tronco después del corte de la caña, produciendo y dando lugar a otras cosechas. El tiempo de crecimiento de la caña varía grandemente según el país y las condiciones climatológicas.

La levulosa que forma parte de la molécula de la sacarosa, es una fructuosa especial, muy inestable y que no se conoce en estado libre.

Los tejidos vegetales en presencia de la clorofila, y bajo la influencia de la luz solar da lugar a la formación de carbohidratos, este proceso es aumentado por la mayor intensidad de luz.

La sacarosa formada pasa al tallo, si se encuentra en exceso esta sacarosa se deposita en forma de almidón que en condiciones propicias se desdobra en forma de dextrosa pasando al tallo.

El azúcar formado en las hojas pasa al tallo por el entrenudo de donde, si la hoja es nueva, el azúcar pasa a la parte superior de esta, en el cual sufre algunas transformaciones. Si proviene de una inferior, el azúcar se deposita en el entrenudo sin transformación alguna. Al llegar a la madurez la caña, se hacen pruebas cortando una

cada diez días. La caña se corta en tres partes y se procede a hacer las pruebas correspondientes, por fórmulas conocidas en las tres clases de jugo se obtienen curvas de rendimiento probables las cuales nos determinan el momento óptimo para el corte. La caña se corta cerca del suelo, y el cogollo se debe separar por encima del nudo mas alto coloreado.

La caña de azúcar varia grandemente en su riqueza en los distintos países, en las distintas localidades de un mismo país, y en distintos años en una misma localidad.

La composición de la caña varia según innumerables condiciones. Y el contenido de azúcar fluctúa entre un doce y un diez y siete por ciento.

Su composición promedio en términos generales es de:

74.5	%	de agua
0.5	%	cenizas
10.10	%	de fibra
10.0	%	de azúcar
0.12	%	de ácidos combinados
0.40	%	de compuestos nitrogenados
0.20	%	de grasa y ceras
0.20	%	de peptinas
0.80		de ácidos libres

La molienda se puede separar en dos partes:

a) Preparación de la caña con el rompimiento de la estructura y la ruptura de las celulas.

b) La molienda.

La preparación de la caña se puede llevar a cabo por varios procedimientos; ya sea por medio de cuchillas rotativas que cortan la caña, o por desfibradores que desmenuzan la caña en tiras, o por desmenuadoras que rompe y aplastan la estructura de la caña y además extraen el jugo, o por combinación de algunas de estas.

La caña pasa en seguida por los molinos. Al irse moliendo la caña, el bagazo recibe una maceración que tiene por objeto extraer el jugo remanente. Esta maceración se lleva a cabo por medio de jugo diluido, o bien con agua escogiendo el diluyente según la maceración que se esté llevando a cabo, ya que esta puede ser, simple, doble, compuesta. En el caso de la maceración simple el agua se aplica sobre el bagazo a la salida del segundo molino. En la doble maceración el agua se aplica a la salida del segundo molino, y el jugo del tercer molino se aplica a la salida del primero. El objeto de emplear el mismo jugo en lugar del agua, es evitar lo mas que sea posible el exceso de agua y concentrar el jugo de la salida evitando así un mayor trabajo para los evaporadores.

El jugo que sale del molino pasa por unos coladores que separan el bagazo y el bagacillo, con objeto de usar bombas corrientes en la

transportación del jugo, y evitar además que la cal que se ha de usar transforme las fibras de bagazo insoluble en fibras solubles.

El jugo pasa en seguida a las defecadoras. La defecación o clarificación del jugo se efectúa por medio de cal y calor. La acidez del jugo es neutralizada con la cal, y se eleva la temperatura hasta el punto de ebullición para su clarificación.

En este procedimiento, la cantidad de cal empleada, el método de aplicarla y la temperatura de calentamiento varían según las condiciones y los procesos, pero en general se añade suficiente cal para neutralizar toda la acidez y se eleva la temperatura a más de 200 grados F. Este tratamiento produce un precipitado de composición compleja, el cual contiene sales cálcicas insolubles, albúmina coagulada, y distintas cantidades de grasas, ceras y gomas. Con este precipitado se arrastran la mayor parte de materias finas sólidas en suspensión, que no han sido retenidas por los coladores. La separación del precipitado generalmente se hace por medio de decantación.

La pureza lograda en la clarificación, ejerce gran influencia sobre el trabajo de los tachos, la centrifuga, sobre la calidad de los productos y en especial sobre el rendimiento del azúcar obtenida.

El jugo clarificado pasa a los evaporadores eliminándole el agua hasta obtener una lema meladura con un 30% de agua. Los evaporadores trabajan por lo general a efecto múltiple y al vacío.

El jugo en estas condiciones es trasladado por medio de bombas a depósitos de asentamiento, en los cuales son depositadas una gran cantidad de impurezas, debidas al removimiento de el jugo en los evaporadores las cuales son perjudiciales para éstos. Por lo cual se acostumbra eliminar la espuma, calentar y decantar las jugo antes de bombearlas a los tanques de asentamiento.

No es recomendable obtener mayor concentración en los evaporadores con el fin de dar facilidad a la formación del grano en los tachos. La meladura se recibe a unos 60 grados Brix.

Las masas cocidas de los tachos, pasan a los cristalizadores, habiendo varios tipos de éstos, siendo uno de los más comunes los que llevan una camisa de vapor al fondo, cerrados y trabajan con el sistema de vacío de la planda.

Los cristalizadores entregan a las centrifugas, que son una especie de canasta perforada en la parte lateral cilíndrica, que gira a gran velocidad. La miel pasa por la parte lateral y los cristales de azúcar permanecen suspendidos en el interior de la canasta. Las

mieles escurren a una cubierta que envuelva a ésta última, las que se conducen a los tachos para servirlos con jarabes ricos.

Generalmente el azúcar que sale de la primera centrífuga es mezclado con mieles de la segunda purga para pasarlo a una segunda centrífuga, lavando con bastante agua al final después de haber pasado por acción centrífuga toda la miel.

El azúcar que se obtiene en los Ingenios (azúcar crudo) es conducido a las refineries en donde en primer lugar es afinado. Esto tiene por objeto separar la miel adherida al grano, por medio de un sirope que se mezcla con el azúcar, purgando la mezcla en una centrífuga; lavando con agua después de haber pasado el sirope. Este último se vuelve a los mezcladores para mezclarlo con otra porción de azúcar crudo.

El azúcar lavado pasa a los disolutores, en donde es disuelto en agua y obtiene así el licor, el cual a pesar de provenir de un azúcar lavado, contiene materia insoluble como bagacillo, arena así como también gomas peptinas y otros verdaderos coloides que no fueron retenidos en la clarificación; o que se formaron en fases después de ésta.

El licor del crudo es defecado en depósitos especiales llamados marechales, la cual se lleva a cabo por diferentes sustancias entre las principales tenemos: cal y ácido fosfórico ó bien cal y tierra diatomacea.

Los licores son clasificados según su pureza y color después de salir de los filtros tomando en cuenta la naturaleza del licor. De aquí pasa el licor a los evaporadores, hasta una concentración de unos 67 a 70 grados C pasando luego a los tachos. La separación del sirope y de los cristales de las temblas, se efectúa por medio de la centrífuga, lavando los cristales al final de la operación.

Los azúcares húmedos se conducen desde la centrífuga a los embudos de distribución situados arriba de los granuladores. El granulador seca y separa los granos; el cual consta de un tambor de hierro fundido, inclinado hacia su extremidad de descarga, tiene un movimiento de giro y por medio de peldanas estrechas, situadas en su interior en sentido logitudinal, eleva el azúcar y lo deja caer atravesando un espacio en el que circula aire caliente. El aire se calienta por medio de un radiador que va en uno de los extremos del granulador. Al salir de éste, el azúcar, cae sobre una serie de tamices que seleccionan el grano, entregándolo en un depósito de envasar. El azúcar tamizado se envasa en sacos de algodón los que son serrados después de pesados.

CAPITULO II

DISCUSION GENERAL Y CLASIFICACION DE LAS RESINAS.

Aunque existen varias teorías que explican de una manera más o menos satisfactoria la propiedad de ciertos compuestos, de retener y cambiar las fracciones moleculares iónicas, consideremos sólo la teoría que supone la existencia de iones, en los cristales sólidos. Esta teoría está basada en los trabajos tanto de Bragg como de Pauling, que demostraron por la refracción de los rayos X la existencia de iones. Es decir, que los iones en lugar de formar una nueva estructura interna al unirse para formar la molécula estos permanecen con su misma estructura original iónica. Así tenemos el caso típico del cloruro de sodio, en el cual no existen moléculas sino que se ha podido observar la presencia tanto de cloro como de sodio, al estado iónico, dentro de los mismos cristales. En dicha estructura los iones centrales de cloro o de sodio en la cual se encuentra rodeados de un número fijo de iones de carga opuesta de acuerdo con el número de coordinación; ya que un ion sodio tendrá cloro a su alrededor y viceversa el ion cloro estará rodeado de iones sodio, por lo cual se encuentran sujetos a una determinada fuerza que se encuentra fundamentalmente determinada por la ley de Coulomb. Como que se encuentran los iones como dos individuos químicos con masa y carga independiente.

Si ponemos un cristal insoluble en un medio polar, por ejemplo: el agua los iones que se encuentran en la superficie adquieren cierta movilidad que les permite ser cambiadas por otros, que se encuentran en la fase líquida, de acuerdo con las ecuaciones de equilibrio; las cuales permiten prever cuales son los factores que afectan esta propiedad.

La característica de la substancia de cambiar iones se encuentra limitada por:

1.— Por la fuerza que el cristal ejerce sobre los iones. (Esto se puede observar por la mayor o menor disociación que se presenta al poner el cristal en el agua).

- 2.— La concentración de los iones que pueden ser cambiados.
- 3.— La carga de los iones que se cambian.
- 4.— El tamaño de los iones.
- 5.— Accesibilidad de la red cristalina.
- 6.— Efecto de la solubilidad.

Una explicación que da una idea bastante clara sobre éste último fenómeno es la siguiente:

Cuando se disuelve una sal en un líquido polar, los iones que se liberan no quedan distribuidos sin orden, sino que adquieren una estructura que recuerda la que tenían cuando constituían parte del cristal, pues como aquellos está fundamentalmente determinada por el número de coordinación. Lógicamente si se disuelven dos sales que tengan iones diferentes en la solución, se encuentran los iones una nueva estructura en la cual cada unión se encuentra rodeada tanto por el catión que lo acompañaba como por el otro catión. Esto vendrá a constituir el verdadero fenómeno de cambiadores de iones.

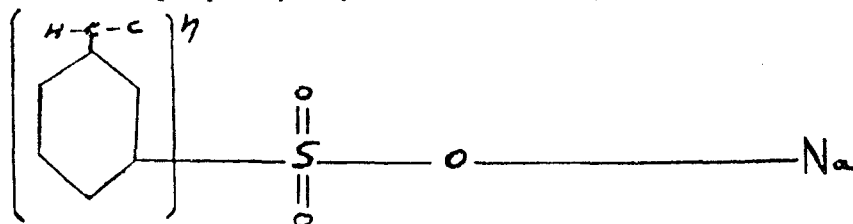
Lógicamente siendo los iones que pueden ser cambiados tanto electropositivos como electronegativos, las substancias que tienen estas características deben ser de dos tipos:

Cambiadores de aniones y cambiadores de cationes.

Estructura de los iones cambiadores.

En la estructura de un cambiador de cationes se puede observar, un soporte que generalmente está constituido por cadenas de carbono o silicio que forma la red cristalina propiamente dicha, y unidos entre sí, ya sea por enlaces covalentes, ya por puentes oxígeno, formando polímeros de peso molecular, grande. Unidos a éstos se encuentran los átomos de aluminio que por su carácter anfotérico pueden dar sales que recuerda a los aluminatos. Pueden ser átomos de azufre, que constituyen radicales sulfónicos; así mismo el carbono en calidad de radical carbonílico sirve para éste fin.

Unidos por puentes oxígeno y con un enlace iónico, se encuentran los cationes que están constituidos por metales especialmente los alcalinos y alcalinoterreos, pero también puede ser el hidrógeno mismo. Como ejemplo típico podemos citar el siguiente:



Soporte. Carácter polar. Cation que se puede cambiar.

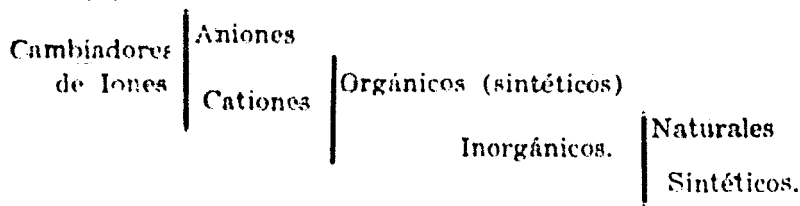
Los cambiadores de aniones usados industrialmente, son todas resinas sintéticas y derivadas de compuestos amínicos. De manera semejantes a los cambiadores de cationes, están constituidos por una estructura resinosa, unida a la cual se encuentran radicales deriva-

dos generalmente del nitrógeno; ya sea en forma de aminas primarias, secundarias o terciarias; las cuales se pueden unir con enlaces iónicos con los aniones que se encuentran en la solución. Las resinas cambiadoras de aniones pueden ser bases fuertes y bases débiles, dependiendo de la mayor o menor ionización.

Clasificación de los cambiadores de Iones:

Los cambiadores según su naturaleza se les suele clasificar en Orgánicos e Inorgánicos.

Según la forma en que se obtienen se dividen en: Naturales y Sintéticos.



Además se les puede subclasificar de acuerdo con la manera mas o menos enérgica como retengan a los iones. Por este concepto tenemos el caso de ácidos y bases más o menos disociados. Como ejemplo típico de un ácido disociado, se pueden citar las resinas orgánicas derivadas de compuestos sulfónicos, los cuales al actuar como un cambiador de cationes, hacen recordar el comportamiento que tenía el mismo ácido sulfúrico; por lo que para desalojarles sus cationes metálicos es necesario hacer uso de una concentración de iones hidrógeno en la fase líquida bastante alta, que corresponde lógicamente a pH. bajo. Como los derivados del ácido carbóxico son compuestos poco (ionizados) disociados se necesitará una concentración de iones hidrógeno en la fase líquida pequeña.

Independientemente de la disociación de los ácidos y de las bases, tenemos la capacidad de la substancia, en cuanto al número de miliequivalentes que podía ser retenidos por unidad de volumen o de peso. Esto tanto de la porosidad del material como del número de radicales. Tenemos una serie de resinas fabricadas por la Rohm S. Hass, en las cuales se fue variando el contenido de azufre como material sulfónico:

Capacidad total del cambiador.

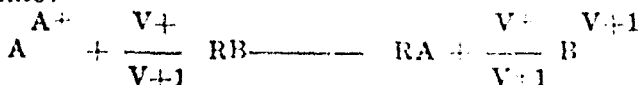
Resina	%S	Teórico miliequivalentes/g	Experimental miliequivalentes/g
IR—100	5.4	1.75	1.70
IR—105	8.1	2.60	2.55
IR—120	14.4	4.62	4.50

Nota.—Estos datos fueron proporcionados por la Hunin Anal. Chem. 21,87 "1949".

Pero siempre se realizará que el número de miliequivalentes que se desprende de un ion cambiador es el mismo número de miliequivalentes del ion de la solución que entra a substituir el lugar que ha dejado libre el ion cambiador en el soporte.

E Q U I L I B R I O :

El equilibrio que se establezca entre el ion cambiador y el ion que entra ha substituir se suele presentar por ecuaciones en la forma siguiente:



A partir de la ecuación anterior, se puede establecer la ecuación termodinámica de equilibrio, en la siguiente forma:

$$K = \frac{(B^{V+})^{\frac{V+}{V+1}} (X_{AR})^{(V+1) \frac{V+}{V+1}}}{(A^{V+}) (X_{BR})^{\frac{V+}{V+1}}} = \frac{(N_{AR} + N_{BR})^{\frac{V+}{V+1} - 1} //_{AR}}{(A^{V+}) (N_{BR})^{\frac{V+}{V+1}}}$$

Clave de la ecuación.

- K == Constante de equilibrio
- A == Actividad del ion A.
- B == Actividad del ion B.
- V+ == Valencia del catión A.
- V'+ == Valencia del catión B.
- Xar == Fracción con del catión. A. substituido en el cambiador
- Xbr == Fracción mol de catión B. substituido en el cambiador
- Nbr == Número de moles de A. substituido en el cambiador
- Nbr == Número de moles B. substituidos en el cambiador.

Esta ecuación termodinámica, nos dará el criterio que normará el comportamiento de la resina; aún cuando para resolver problemas numéricos sea un poco práctico, pues aunque matemáticamente sea exacto, los valores que en ella se expresan son difíciles de obtener. Tenemos por ejemplo que el ciclo de regeneración, se aumenta en el líquido la fracción mol de los iones, con lo cual la reacción se desplazará de manera que RA disminuya; con lo cual, aumenta RB y aparecen los iones A, en la solución, para que se restablezcan la condición de equilibrio original. Después viene la fase del lavado, en la

cual se congela el equilibrio, pues la tendencia es que tanto los iones A como B, se diluyan proporcionalmente y terminan por desaparecer de la solución prácticamente, quedando la resina desplazada hacia la sustitución por los iones B.

En la fase de agotamiento, la solución trae inicialmente iones A y una ausencia casi total de iones, B con esto el denominador de la constante de equilibrio es grande y la reacción se desplazará en el sentido de producir la resina substituida por A y iones, B en la solución, para restablecer el equilibrio.

La ecuación anterior es una ecuación que como se verá, está deducida para un caso relativamente sencillo, pues solamente entre un tipo de resina y dos iones que entran a sustituirla; cosa que en la práctica se presenta poco, pues en el ciclo de agotamiento los iones que vienen en la solución, casi nunca es uno, sino que es una mezcla de varios.

Esto hace en primer lugar, que la determinación teórica de K se hace casi imposible.

Por otra parte, en que están constituidos y operan los cambiadores de iones no siendo estos proceso en Bach, en cuyo caso el equilibrio ha que se llegaría, sería el equilibrio que nos da la aplicación de la fórmula, con el total de las resinas y de los iones; pero en la práctica los reactores son una columna, a través de la cual pasa a velocidad apropiadamente el líquido. Por lo cual el equilibrio que se establece, son una serie de equilibrio de iones con una resina que conserva las características que tenía cuando se acabó de regenerar.

CAPÍTULO III.

CONTROL DE LA MATERIA PRIMA Y PRODUCTOS

Con el objeto de tener una idea de las características del jugo de caña con que se disponía y de las transformaciones que éste sufriría, fue necesario efectuar un conjunto de análisis que fueron efectuados, con las siguientes técnicas.

CONTROL FÍSICO DEL JUGO:

Color.— (a) El jugo recién salido del molino contiene un sin número de impurezas que le comunican una cierta turbiedad. Teniendo en cuenta los problemas que ocasionarían en el momento en que el jugo fuere a ser tratado por las resinas éstas impurezas tanto del orden mecánico, como verdaderos coloides harían trabajar a las resinas debido a las dimensiones de sus partículas, como un verdadero filtro que tendría que detener todo el material sólido en suspensión en el jugo.

Por éste motivo se hicieron dos terminaciones de color, una sobre el líquido original y otra sobre el líquido que fué pasado a través de lana de vidrio en un embudo de 15 cms. de diámetro, y para hacer mas rápido el filtrado se hizo uso de vacío.

En las dos muestras antes obtenidas (jugo original y el último filtrado) se procedió a determinar en un fotocolorímetro marca K Laft Summuisun Modelo 200.3.

Densidad.— Con el objeto de tener una idea aproximada de la cantidad de azúcares que contiene el jugo se hizo la determinación de la densidad en la balanza de Mohr Westphal.

PROCEDIMIENTO:

A.— Para nivelar la balanza se sumergió el flotador hasta una marca que tiene el alambre que lo suspende en una probeta que contiene agua destilada la cual se ha ajustado la temperatura a 17.5 grados C., El fiel de la balanza se ajustó a cero mediante la operación conveniente del tornillo nivelador.

Para determinar la densidad del jugo, primeramente se le llevó a la temperatura de 17.5 grados C., calentando o enfriando lentamente, al mismo tiempo que se le agita con un termómetro hasta que se logre la temperatura deseada. Se coloca el flotador en el jugo y por medio de los caballetes se nivela la balanza, haciéndose la lectura de acuerdo con el número y el lugar en que se encuentran los caballetes.

Para relacionar la densidad del jugo con el contenido de azúcar se dispuso de las tablas que aparecen en el Spencer.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA:

La magnitud de la conductividad eléctrica convenientemente interpretada nos dió una idea del contenido del jugo en sustancias ionizables. Para ésta determinación se dispuso de un puente de impedancias. Como indicador externo, para nivelar el puente de impedancias se hizo uso de un osciloscopio.

Como celda para retener el líquido y los electrodos se construyó una, que consistía en un tubo en forma de copa de 21 milímetros de diámetro y 50 milímetros de altura, por la parte inferior y soñados a la pared de la celda, penetran dos alambres de níquel que sirven de electrodos; éstos se limpiaron primeramente con sosa y clorhídrico. Se hizo una electrolisis utilizando éstos alambres como ánodos y utilizando como cátodo un alambre de hierro, con el objeto de que el cloro que se desprende en los ánodos hacer una limpieza lo más perfecta posible. Una vez enjuagados con agua destilada se procedió a recubrirlos de negro de paladio para lo cual se dispuso de una solución que contenía un grano por litro de cloruro de paladio. Como cátodo se utilizaron los por un alambre de cobre el cual periódicamente se cubría de cloruro cuproso el cual había que separar por medios mecánicos, pues impedía el paso de la corriente.

El paladio se fué depositando en forma de una película aterciopelada de color negro opaco y cuando se estimó que tenía un grueso suficiente se enjuagó con agua destilada.

DETERMINACION DE LA CONSTANTE DE LA CELDA.

Se preparó una solución 0.1 M de cloruro de potasio y la coloqué en la celda determinando la resistencia mediante el puente de impedancias, en éste caso nos dió una resistencia, de 190 ohms. a 18 grados C, busqué en la tabla que aparece en la electroquímica de Coertner y por interpelación nos dió una conductividad específica de 0.0108823.

Los valores tanto de la resistencia específica como de la resistencia de la celda estan referidos a la misma solución y a la misma

temperatura y solo difieren debido al valor de la constante de la celda, pero con la siguiente relación se puede encontrar la constante específica.

$$X = \frac{l}{re} \quad C = \frac{C}{Y} \quad C = 0.01088 \times 190 = 2.06.$$

DETERMINACION DE LA RESISTENCIA EN LAS SOLUCIONES.

Se coloca la solución en la celda y se determina la resistencia total y mediante la aplicación de la ecuación anterior podemos calcular la resistencia específica.

$$re = \frac{r}{2.06} \quad 92,233 \text{ ohms.}$$

Cenizas.— Se tomó un crisol y a peso constante, se colocó 10 cc del jugo a prueba, se añadió gotas H_2SO_4 , se calcinó quemando, hasta rojo obscuro se saca el crisol y se lleva a un desecador, dejándolo en éste hasta que toma la temperatura ambiente, se pesa y por diferencia se ve el peso de las cenizas que contiene el jugo.

Glucosa.— La glucosa nos da el valor de la cantidad de azúcar es reductores presentes en el jugo, e indirectamente la cantidad de sacarosa.

Como la mayoría de los procesos de análisis se siguen varios métodos para efectuar una determinación en este trabajo se es ojió un método gravimétrico.

No conteniendo preservatorio la muestra se mezcló con Kieselghur y se filtró. Se tomaron 5 tubos de ensaye de 20 mililitros numerados colocando en los tubos 1, 2, 3, 4, 5, mililitros respectivamente del líquido preparado y 2.5 mililitros de cada una de las soluciones de Fehling. Se llevó a ebullición el líquido por espacio de dos minutos, una vez terminada esta operación se observó cual de los 5 líquidos así tratados presentaban la tonalidad más baja, esto tiene por objeto calcular aproximadamente la cantidad de reductores totales, ahorrando trabajo por las determinaciones posteriores. Habiendo determinado el líquido anterior se tomaron 20 veces el volumen del líquido correspondiente al número seleccionado del líquido original en un erlenmeyer completando a 100 mililitros con agua destilada. De ésta última solución se tomaron 50 ml. se le añadieron 25 ml. de cada una de las soluciones de Fehling, se llevó a ebullición el líquido en un término de 4 minutos continuando ésta por dos minutos mas, añadiendo 100 ml. de agua fría, se filtró en un Gooch adaptando este a un aparato de vacío, lavando el precipitado varias veces con agua destilada caliente, llevando después el crisol a la estufa.

Colocando el Gooch en un trípode situado en el interior de un vaso que contenía una capa de un centímetro de altura de alcohol

en el fondo, se tapó el vaso con un vidrio de reloj y se llevó a una parrilla eléctrica calentando hasta que los vapores fueron condensados en la parte inferior del vidrio de reloj. Se llevó al rojo al crisol en una mufla para consumir la materia orgánica precipitado arrastrada por el óxido cuproso, colocando otra vez el crisol en el interior del vaso sobre el soporte, tapando con el vidrio de reloj el vaso. En la atmósfera de vapores de alcohol queda el óxido de cobre metálico como se va a hacer la determinación. Se sacó de aquí el crisol en un desecador determinando finalmente su peso.

Sacarosa — Como se disponía una muestra conservada con plomo se procedió a filtrar un poco de ésta muestra agitándola antes de proceder a hacer la operación. Se tomaron unos ml. del filtrado para llenar el tubo del polarímetro, dicho tubo se llevó a éste y se efectuó la lectura.

Acidez libre.— El jugo de caña es siempre ácido y ésta acidez se expresa casi siempre en mililitros de alcalí décimo normal necesario para neutralizar 10 cc de jugo, empleando fenolftaleína como indicador externo.

pH.— Se determinó el pH por medio del potenciómetro Beckman utilizándose a las pequeñas cantidades de jugo que se disponían unos electrodos pequeños.

en el fondo, se tapó el vaso con un vidrio de reloj y se levó a una parrilla eléctrica calentando hasta que los vapores fueron condensados en la parte inferior del vidrio de reloj. Se levó al rojo al crisol en una mufla para consumir la materia orgánica precipitado arrastrada por el óxido cuproso, colocando otra vez el crisol en el interior del vaso sobre el soporte, tapando con el vidrio de reloj el vaso. En la atmósfera de vapores de alcohol queda el óxido de cobre metálico como se va a hacer la determinación. Se sacó de aquí el crisol en un desecador determinando finalmente su peso.

Sacarosa — Como se disponía una muestra conservada con plomo se procedió a filtrar un poco de ésta muestra agitándola antes de proceder a hacer la operación. Se tomaron unos ml. del filtrado para llenar el tubo del polarímetro, dicho tubo se llevó a éste y se efectuó la lectura.

Acidez libre — El jugo de caña es siempre ácido y ésta acidez se expresa casi siempre en mililitros de alcalí décimo normal necesario para neutralizar 10 cc de jugo, empleando fenoltaleína como indicador externo.

pH. — Se determinó el pH por medio del potenciómetro Beckman utilizándose a las pequeñas cantidades de jugo que se disponían unos electrodos pequeños.

CAPITULO IV

EXPERIENCIAS EFECTUADAS

La materia prima que se empleó en éstas experiencias, fué jugo de caña extraído de ésta, por medio de un molino pequeño de laboratorio.

Este jugo presenta un color verde oscuro con expresiones negras. Las demás características se verán más adelante.

Las resinas que fueron seleccionadas para éste trabajo fueron cuatro, las producidas por la Rohm S. Hass y que se les designa como la IR—120, IR—110, IRC—50, IR—4B.

En el presente trabajo se aprovechó el hecho que existe al respecto de éstas resinas, bastante literatura que permitió calcular de una manera no experimental la capacidad, cantidades y condiciones que habían de ser utilizadas en la experiencia.

La resina Ir—120 es un producto que viene en forma de bolitas de color café, con un tamaño que va de la malla 16 a la malla 50; insoluble en agua y solventes orgánicos tanto cicloecos como aciclicos, así mismo es estable hasta una temperatura de 250 F; los medios oxidantes, reductores y los cambios de pH de la 14 no la afectan.

Químicamente ésta es una resina derivada de un ácido sulfónico lo que le da las características de un cambiador de cationes, tipo ácido fuerte. Por lo que para regenerarla se tendrá que hacer a su vez con un ácido muy ionizado como puede serlo el ácido clorhídrico a un 10%; o sulfúrico a un 5% presentando éste último algunos problemas al encontrarse con iones de calcio debido a su producto de solubilidad.

NIVEL DE CAPACIDAD

La capacidad efectiva, está fuertemente influenciada por la cantidad de sustancias regenerantes, usadas por unidad de resinas.

Solución Regenerante: Con éste término se denomina a la solución que lleva los iones que debe contener la resina, y que dará a ésta la propiedad de cambiar a los iones problema.

Capacidad efectivo.— Se lo llama al nivel de capacidad que alcanza la resina, cuando se le ha pasado la solución regenerante:

Por Ejemplo:

Teniendo la siguiente ecuación:

En nuestro caso, partimos de la resina RA y de una solución (solución regenerante) que contiene iones B que es necesario introducir en la resina RA cambiando los iones A por iones B y llega a obtener la resina RB (resinas regenerada); que ya contiene los iones B que son los que le dan a la resina la propiedad cambiadora y que el poner la resina en contacto con una solución problema (en nuestro caso, el jugo de caña) son substituidos, por los iones de la solución.

Como no siempre se llega a una regeneración completa de la resina, de las condiciones en que se lleva a cabo éste sentido de la reacción, dependerá de que al final se obtenga una resina con una cantidad de iones cambiados más o menos grande (capacidad efectiva). Dependiendo en gran parte de la naturaleza de la resina, concentración de la solución que lleva consigo los iones B, de la velocidad de flujo con que se le haga pasar esta solución a la resina.

Pueda como se recordara en la ecuación de equilibrio el desplazamiento de la reacción, está determinada por la fracción mol de los iones tanto en la fase líquida como en la fase sólida, y ésta reacción al aumentar la cantidad de regenerante tiende a desplazar el equilibrio en el sentido de una regeneración 100%.

En la literatura que dispuse para una mayor simplicidad de los calculos se encontraban ya calculadas diferentes capacidades efectivas de la resina segun el grado de regeneración que se alcanzara.

Se puede observar que las proporciones de regeneración y cantidad de regeneración no son lineales, sino que tienden a una asíntota cuando el líquido regenerante sea infinito la regeneración será 100 % dato que concuerda con la interpretación que se podía hacer a la ecuación de equilibrio, por que solo se lograria hacer cero la fracción mol de iones por remor en la resina cuando la fracción mol de iones regenerantes en la fase líquida sea 1, lo cual supone una cantidad infinita de regenerante.

La elección del nivel de regeneración se deberá hacer teniendo en cuenta el costo de regenerante y la capacidad del equipo que podrá dar el capital invertido. Así tenemos por ejemplo los siguientes niveles de regeneración.

Libras de H ₂ SO ₄ por pié cúbico de resina	Capacidad efectiva en Kilogramo por pié cúbico de resina, calculadas como CaCO ₃
2.5	10.4
5	17
10	27
30	35.8

Como un dato estimativo se puede decir que se puede necesitar de 100 a 150 galones por pié cúbico de resina para lavarla una vez que se ha efectuado la regeneración.

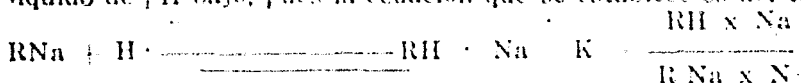
La operación de la resina cuando ésta presenta un lecho de 24 pulgadas de espesor permite un flujo del líquido por deionizar de dos galones por minuto y por pié cúbico de resina, pero si éste flujo se incrementa hasta 10 galones por minuto la capacidad de la resina se ve ligeramente disminuida.

IRC—50.

La resina IRC—50 es también un producto que se presenta en forma de bolitas blancas, con un tamaño comprendido entre la malla 16 y la mayo 50, es insoluble en agua y solventes orgánicos, siendo estable hasta una temperatura de 200 F; los medios oxidantes, reductores y todo el margen de pH, no le afectan.

Esta resina químicamente es derivada de un ácido carboxílico lo que le da las características de un cambiador de cationes, tipo ácido débil; por lo que para regenerarse se le puede hacer con un ácido o con un muy ionizado recomendándose por su precio el ácido sulfúrico al 1% que es un ácido bastante diluido.

La capacidad efectiva en éste caso debido a que es un ácido débil puede ser incrementado fuertemente al ser regenerada por un líquido de pH bajo, pues la ecuación que se establece es del tipo:



Se necesitan 30 galones por pié cúbico de resina para lavarla, una vez regenerada. Igual que en la operación de la IR—120, cuando presenta una cama de 24 pulgadas de espesor permite un flujo de líquido por deionizar de dos galones por minuto y por pié cúbico de resina.

La capacidad de ésta resina aumenta al irse elevando el valor de pH. Así por ejemplo para un pH de 3.5 su capacidad es insignificante; a un pH 7 la capacidad de ésta resina toma un valor de 73.7 kilogramos por pié cúbico de resina.

La resina RI—110 es un producto que viene en forma de bolitas de color amarillo con un tamaño efectivo que va de 20 a 50 mallas, insolubles en agua y solventes orgánicos siendo estable hasta una temperatura de 105 F. Los medios oxidantes, reductores y los cambios de pH en todo su margen no la alteran.

Químicamente es una resina derivada de una amina que actúa como base fuerte, lo que le da las características de un cambiador de aniones tipo base fuerte, por lo que para regenerarse se le tendrá que hacer con una base muy ionizada, como puede serlo la sosa a un 4%.

La capacidad de la resina puede variar según la cantidad de substancias que se usa en la regeneración, como también si se trata de neutralizar ácidos débiles o si tiene que actuar desdoblado sales.

Como en el presente trabajo la acción de la resina va a ser de ambas, doy algunos datos de estos valores:

Libras de NaOH por pié cúbico de resina	Capacidad cuando neutraliza ácidos. en Kgr/ pié cúbico de resina	Capacidad cuando desdobra sales en Kgr/ pié cúbico de resinas.
1	8	7
2	14.8	12.5
4	17.9	15.7
12	22.0	19.6

La cantidad de agua de lavado es aproximadamente de 60 a 90 galones suavidad o deionizada por pié cúbico de resina.

IR—4B.

La resina IR—4B, es un producto que viene en forma de trocitos pequeños de color mamey con un tamaño que de la malla 20 a la malla 50; insoluble en agua y volventes orgánicos, es estable hasta una temperatura 95 F. Los medios oxidantes, reductores y los cambios de pH de 1 a 7 no le afectan.

Es una resina derivada de una amina lo que le da las características de un cambiador de aniones, tipo débil; por lo que para regenerarse se le tendrá que hacer con una base poco o muy ionizada como amoniaco al 5 %, carbonato al 5% o sosa al 2 o 4%.

La capacidad de la resina puede variar según la cantidad de substancia que se usa en la regeneración, llegando a ser de 25 kilogramos por pié cúbico de resina cuando se han utilizado 3.5 de sosa, o 5 carbonato de sodio, o bien 1.5 de amoniaco, libras por pié cúbico de resina, respectivamente.

El agua del lavado aproximadamente necesario es de 60, 40 o 50 galones por pié cúbico de resina, si se a regenerado con sosa, carbonato de sodio o amoniaco respectivamente.

A continuación se procedió a regenerar las resinas teniendo en cuenta los datos que hemos anotado anteriormente y de tal manera que los niveles de regeneración fueran los que habíamos utilizado para calcular los miliequivalentes de capacidad.

CALCULOS

IR—120

Teniendo en cuenta por ejemplo que para la resina Ir—120 se le puede calcular una capacidad de 35.8 kilogramos de carbonato de

calcio por pié cúbico de resina cuando es regenerada con 30 libras de ácido sulfúrico de 66 Boumé por pié cúbico de resina. Y si se hacen las transformaciones correspondientes se verá que tienen una capacidad de 1.64 miliequivalentes gramo por mililitro de resina. Y que se ocupan 0.48 gramos de ácido sulfúrico por mililitro de resina.

Se tiene que: 1 g = 15.432 gr.
 1 lb = 453.59 g.
 El m. e. del CaCO_3 es: 0.050

Acido sulfúrico regenerante:

30 x 453.59

 0.48 g ml. de resina

28320
 C
 Capacidad:

35.7 x 1000

 1.64 m. e. g. ml. de resina.
 15.432 x 0.050 x 28320

Como hemos escogido como base, la cantidad de resina necesaria para retener 10 m. e.; necesitaremos:

10

 6.1 ml. de resina.
 1.64

Siendo necesarias: 0.48 x 6.1 = 2.928 g de ácido sulfúrico para regenerarlos.

Por lo que si se usó un tubo de 11 mm. de diámetro, la resina ocupara:

6.1

 6.49 cm., de altura en dicho tubo.
 5.5 x 5 x 3.1416

Por cálculos semejantes a los anteriores fué posible calcular para las otras resinas los miliequivalentes necesarios y la cantidad necesaria de substancias regenerantes.

IR—50

Acido sulfúrico total: 0.52 g.

Capacidad 3.8 m. e. / ml. de resina.

Volumen de la resina: 2.6 ml.

Altura de la resina en el tubo: 2.16 cm.

Acido sulfúrico por ml. de resina: 0.2 g.

IR—110

Sosa por ml. de resina: 0.19 g.

Capacidad 1.25 m. c. / ml. de resina.

Volumen de la resina 8 ml

Sosa total 1.52 g.

Altura de la resina en el tubo: 6.66 cm.

IR—4B

Sosa por ml. de resina: 0.056 g.

Capacidad 1.43 m. c. / ml. de resina.

Volumen de la resina 7.67 ml.

Sosa total 0.43064 g.

Altura de la resina en el tubo 6.4 cm.

El jugo de caña tal como sale de los molinos nunca es un líquido neutro sino que da una ligera reacción ácida por lo que la lógica indica que el cambiador de aniones debe ser de una capacidad en equivalentes un poco mayor.

En el curso de estos trabajos se procedió a colocar la resina en tubitos de 11 milímetros de diámetro interior terminados en uno de sus extremos en un capilar de paredes gruesas y una longitud del tubo de 12 centímetros. Para retener las resinas se colocó en el vértice angular del tubo una capa delgada de vidrio de la marca Schlicher Eschwell Co. número 100.

Se colocó en cada tubo la resina necesaria calculada para retener 10 miliequivalentes, no importando para mayor simplicidad si la resina era cambiadora de cationes o de aniones.

Haciendo pasar la cantidad de solución de ácido sulfúrico o de sosa según el caso por las columnas de resina correspondiente. Por ejemplo: a la resina IR—110 se le hizo pasar solución de sosa, y a las columnas correspondientes de la resina IR—120 solución de ácido sulfúrico.

Una vez que se tuvieron columnas llenas, regeneradas, lavadas etc, se les pasó agua destilada a las columnas para lavarlas.

a.— Una vez se tuvieron columnas llenas, regeneradas, lavadas (hasta que no se notó presencia de líquido regenerante) y secas, se procedió a pasarles el jugo de caña que previamente había filtrado, a una velocidad de flujo de 0.232 ml. de jugo por minuto y por ml. de resina (2 galones por minuto y por pie cúbico de resina).

El líquido que fluye de las diferentes resinas se sometió a diferentes observaciones especialmente del tiro cualitativo, pues en cualquier caso solo se trataba de una deionización parcial que no ofrecía interés concluyente.

Así por ejemplo al que pasó por la IR—120 se le pudo observar un pH de 2, que ésta muy por abajo del original que era 5 lo cual está en perfecto acuerdo, pues tratándose de una resina cambiadora de cationes fuerte, las sales serían desdobladas hasta que el líquido presentara una reacción fuertemente ácida.

CONDUCTIVIDAD:

La conductividad eléctrica dió un valor de 0.01666 que es mayor que el valor obtenido del líquido original que era de 0.00625 lo que era de esperarse pues la substitución de iones metálicos por iones hidrógeno que traen consigo una mayor velocidad.

CENIZAS.—

La cantidad de cenizas sulfatadas en la muestra de jugo que pasó por ésta resina, fué menor que la cantidad reportada por el jugo original que fué de 0.34% menor que el porcentaje de cenizas encontrado en cada uno de los líquidos obtenidos haciendo pasar el jugo original por cada una de las otras tres resinas. Esto se debe a que al pasar el jugo por la resina, éste pierde una gran cantidad de los cationes que le acompañan y que son los que determinan en su mayor parte el porcentaje de cenizas.

El porcentaje de cenizas descendió a 0.12%.

COLOR.—

Al pasar por la resina IR—120 el líquido original se le notó un aumento de color pues mientras que en el líquido original el máximo se encontraba a 390 de longitud de onda (filtró color violeta) y presentaba un valor de 330 expresado como extinción éste valor subió a 332.5 al pasar por la resina.

ACIDEZ LIBRE.

Para la muestra original se gastaron 4.8 cm. cúbicos de NaOH 0.1 normal para neutralizar 10 ml. de jugo. En la muestra fueron necesarios 5.2 c.m. cúbicos de NaOH, para neutralizar la misma cantidad.

El líquido que pasó por la IR—4B se le pudo observar un pH 6.1 que es un poco mas alto que el original cosa que era de esperarse ya que se trata de una resina cambiadora de aniones débil en la cual no alcanza a desdoblar sales.

CONDUCTIVIDAD

La conductividad eléctrica bajó a 0.005 que es poca la diferencia con respecto a la original debido a que la resina a retenido parte de los ácidos libres.

CENIZAS.—

El porcentaje de cenizas sulfatadas presentes en el líquido escurecido por ésta resina desciende con respecto al original a 0.23%.

COLOR.—

El color de líquido pasado por esta resina bajó a 325.6 como extinción en una longitud de onda de 390.

Acidez libre.—

Para la muestra de líquido que resultó de pasar el original por ésta resina se gastaron 1.2 cm. cúbicos de NaOH 0.1 normal para neutralizar 10 ml. de jugo.

Al jugo que pasó por la resina IR—410 se le observó un pH de 9 que está muy por arriba del original y al obtenido por el líquido de la IR—4B estando de acuerdo con el comportamiento de una resina cambiadora de aniones fuerte como lo es ésta, que desdobló las sales del jugo hasta que el líquido presentó una reacción fuertemente alcalina.

CONDUCTIVIDAD.—

El valor de la conductividad eléctrica obtenida en éste caso fué de 0.003787, baja debido ha que disminuyeron los aniones especialmente los que se encontraban libres.

Cenizas.—

El porcentaje de cenizas sulfatadas que se obtubieron en el líquido que pasó por esta resina es un poco mayor que el obtenido por el líquido escurrido por la IR—120 acendiendo a 0.17%.

Color.—

Al pasar por la resina IR—410 el líquido bajó mucho de color, registrándose en 390 de longitud demanda un valor de 87.8 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

No se registró acidez, el líquido quedó con reacción alcalina.

El líquido pasado por la IRC—50 reportó un 4.5 en éste caso se trata de una resina cambiadora de cationes, débil, por lo que las sales no son fácilmente desdobladas ya que el trabajo de la resina se comporta paralelamente a las propiedades que manifiesta el ácido de que provienen, y este caso se trata de un ácido débil.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica daba un valor de 1.004545 que es muy parecido a la del líquido original, pues la substitución de iones metálicos por iones hidrógenos es muy pequeña, y el aumento de iones hidrógeno se compensan por lo poco ionizado de los ácidos libres que aparecen.

Cenizas.—

El porcentaje de cenizas sulfatadas presentes en el líquido escurrido por esta resinas desciende a 0.20%.

Color.—

En esta ocasión habiendo usado un 390 de longitud de onda se obtuvo un valor de 121.3 expresando como extinción de luz.

Acidez Libre.—

Para la muestra tomada del líquido que pasó por ésta resina fué necesario gastar 2.3 cm. cúbicos de NaOH 0.1 normal neutralizar 10 ml. del líquido.

TRATAMIENTO DEL JUGO EN DOS PASOS CATIONICO Y ANIONICO.

El líquido que pasó primeramente por la resina IR—120 y luego por la IR—140 se le encontró un pH de 7.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica registrada por el Puente de impedancias cuando en la celda se encontraba éste líquido fué de 0.0000645, éste valor es indirecto ya que el valor que en realidad registra el aparato es la resistencia que era de 115500 ohms.

Cenizas.—

No logré obtener cenizas sulfatadas en el crisol. Un dato aproximado es 0.0029 que se lee en una gráfica de la página 122 del libro de tablas para condicionamiento de aguas de la PERMUTIT.

Color.—

Al pasar el líquido por la resina IR—120 y luego por la IR—410 hubo una gran disminución de color con respecto al obtenido por el jugo original, ya que con un 390 m. m. de longitud de onda presentaba un valor de 65.5 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

Para ésta muestra no se registró acidez, ya que el líquido es alcalino; debido a que al pasar el líquido por la segunda capa formada por la resina IR—410 ésta desdobra una buena cantidad de sales.

El líquido que pasó primeramente por la resina IR—410 y luego por la IR—120 se le pudo observar un pH de 2.5.

Tratándose de un caso como éste, en que las sales del jugo son desdobladas por la primera resina siendo ésta una resina fuerte, el líquido al pasar por la IR—120 final pierde una gran cantidad de cationes, quedando en el líquido una cierta cantidad de ácidos libres.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica correspondiente a éste líquido fué de 0.000081.

Cenizas.—

Nó logré obtener cenizas sulfatadas, el dato aproximado que se lee en la tabla fué de 0.00374%.

Color.—

El valor obtenido por éste líquido con un 390 mm. de longitud de onda fué de 72.4 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

La cantidad de solución 0.1 normal de NaOH necesarios para neutralizar 10 ml. de éste líquido fué de 4.3 cm.

El líquido que pasó primeramente por la resina IRC—50 y luego por la IR—410 se le pudo observar un pH de 9.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica correspondiente a la lectura en el Osciloscopio es de 0.002.

Cenizas.—

No logré obtener cenizas sulfatadas en el crisol. El dato aproximado de la gráfica es 0.084 %.

Color.—

Al pasar el jugo original por las resinas IRC—50 e IR—110 resultó un pH de 4.8.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica correspondiente a este líquido es de 0.000127 que como se ve es menor que la conductividad del líquido anterior que fué de 0.002 esto se debe a que la resina IRC—50 aprovechó el desdoblamiento de las sales hechas por la IR—110 anteriormente.

Cenizas.—

No logré obtener cenizas en el crisol. La gráfica reporta un 0.0059 %.

Color.—

Este líquido con un 390 m. de longitud de onda (filtro de color violeta), dió un valor de 59.4 como extinción.

Acidez Libre.—

En esta muestra se gastaron 1.2 cm. cúbicos de NaOH 0.1 normal, para neutralizar 10 ml. de ella.

El líquido que pasó primeramente por la resina IR—120 y luego por la resina IR—4B resultó con un pH 6.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica correspondiente a la lectura de la resistencia en el Osiloscopio es de 0.000122.

Cenizas.—

No logré obtener cenizas sulfatadas en el crisol. Un dato aproximado es 0.00561 que se lee en la gráfica, en la página 102 del libro e tablas para acondicionamiento de aguas de la PERMUTIT.

Color.—

Al pasar el líquido por la resina IR—120 o IR—4B dió un valor de 67.6 como extinción cuando se usó un filtro violeta de un 390 uu. de longitud de onda.

Acidez Libre.—

En esta muestra se gastaron 0.3 cm. de NaOH 0.1 normal para neutralizar 10 ml. de jugo.

El líquido que pasó primeramente por la resina IR—1B y luego por la IR—120 resultó con un pH de 2.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica correspondiente a la lectura de la resistencia en la escala del puente de pedancias, fué de 0.00835.

Cenizas.—

La cantidad de cenizas fué de 0.028 %.

Color.—

Al pasar el líquido por la resina IR—4B e IR—120 se notó un aumento de color con respecto a la anterior fué con un 390 mm. de longitud de onda presentó un valor de 252.7.

Acidez Libre.—

La acidez libre registrada, cuando se neutralizaron 10 ml. de éste líquido, fué de 4.2 cm. cúbicos de NaOH 0.1 normal.

El líquido que pasó primeramente por la resina IRC—50 y luego por la IRC—50 resultó con un pH de 4.5.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica de éste líquido fué de 0.0004.

Cenizas.—

La cantidad de cenizas en éste líquido fue de 0.0184 %.

Color.—

Al pasar el líquido por la resina IR—4B e IRC—50 su color bajó a 90.5 con un 390 mm. de longitud de onda.

Acidez Libre.—

Se gastaron 0.3 cm. cúbicos de NaOH.

TRATAMIENTO DEL JUGO POR DOS RESINAS EN CUATRO PASOS.

El líquido que después de pasar 1 por las columnas de las resinas IR—410 IR—120, IR—410 IR—120 en éste orden presentó un pH 5.9.

Conductividad.—

Su conductividad eléctrica 0.00000666.

Cenizas.—

No se logró encontrar cenizas sulfatadas en el crisol.

Un dato aproximado es 0.000003 % que se lee en una gráfica en la página del libro de tablas, para acondicionamiento de aguas de la Permút.

Color.—

Este líquido con un 390 de longitud de onda presentó un valor de 52.2 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

Acidez presentada por éste líquido fué de 0.045 cm. cúbicos de NaOH 0.1 normal.

El líquido que después de pasar por columnado las siguientes resinas IR—410, IRC—50 IR—410 en éste orden, presentó un pH de 6.6.

Conductividad.—

La conductividad eléctrica correspondiente es 0.00000714.

Cenizas.—

Por el método del crisol se obtuvo cero. Por la gráfica 0.00033%.

Color.—

Con un filtro violeta de un 390 mμ de longitud onda presentó un valor de 6083 como extinción.

Acidez Libre.—

La cantidad necesaria para neutralizar 10 ml. de éste líquido fué de 0.01 cm. cúbicos de solución 0.1 normal de sosa.

El líquido que después de pasar por las columnas de las siguientes resinas IR—120 IR—4B, IR—120, LR—4B en éste orden, se le observó un pH de 6.1.

Conductividad.—

El valor de la conductividad eléctrica de éste líquido descendió a 0.00009875.

Cenizas.—

El valor que da la gráfica es 0.0000383%.

Color.—

Con 390 mμ de longitud de onda presentó un valor de 55.3 como extinción.

Acidez Libre.

La acidez libre presente en éste líquido fué de 0.05 cc. de NaOH 0.1 normal que fueron necesarios para neutralizar 10 ml.

El líquido que después de pasar en columnas de las siguientes resinas IR—4B, IRC—50, IR—4B IRC—50 en éste orden presentó un pH de 5.1.

Conductividad.—

Este líquido presentó una conductividad eléctrica de 0.00004.

Cenizas.—

Su contenido de cenizas por la gráfica que trae el libro de la Permítit es de 0.00184%. No se obtuvo valor por el método del crisol.

Color.—

El líquido con un 390 de longitud de onda presentó un valor de 72.5 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

La acidez libre presente en éste líquido se neutralizaron 10 ml. con 0.07 cm. cúbicos de una solución 0.1 normal de NaOH.

TRATAMIENTO DEL JUGO POR RESINAS MEZCLADAS

Otra práctica que se llevó a cabo con las resinas fué ver su comportamiento cuando éstas se mezclan y se les hacia pasar el jugo previamente filtrado.

Para esta práctica se hizo pasar el jugo por columnas formadas mezclando el volumen de una resina catiónica con una capacidad de 10 miliequivalentes, con otro volumen de resina aniónica capaz de retener 10 miliequivalentes.

La regeneración de la resina se llevó a cabo en las mismas condiciones y con los mismos volúmenes de solución regenerante que se emplearon para la práctica anterior, solo que para ésta se mezclaron los volúmenes de las resinas previamente regeneradas, antes de formar la columna.

En la industria para llevar a cabo la regeneración de éstas resinas, previamente se separan ésta aprovechando los diferentes pesos volumétricos y una clasificación hidráulica.

A la altura en donde se encuentra una concesión que sirve como dren y que permite que el ácido que regenera la resina cambiadora de cationes no sature a la cambiadora de aniones y viceversa; así mismo sirven para que el líquido de lavados no se mezcle, sino que salga por la zona de separación. Una vez que han sido regeneradas por separado se mezclan mediante la inyección de aire el cual crea una turbulencia que las obliga a mezclarse.

La velocidad de flujo con que se hizo pasar el jugo en éstas columnas fué de 0.232 ml. por minuto y por ml. de resina de aquella que se encuentra en menor volumen.

Así tenemos las siguientes determinaciones.

El jugo que después de pasar por una columna formada por las resinas IR—410 e IR—120 mezcladas se lo pudo observar un pH 7.1

Conductividad.—

La conductividad eléctrica que es la inversa de la lectura que se registró en el Osciloscopio corresponde a 000005.

Cenizas.—

No se logró apreciar cenizas en el crisol. El dato aproximado que se lee en la gráfica es de 0.000023 %.

Color.—

El líquido que pasó por la mezcla de éstas resinas con 390 un. de longitud de onda presentó un valor de 45.3 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

Con 0.43 cm. cúbicos de solución 0.1 normal de sosa se neutralizaron 10 ml. del líquido que ha escurrido por ésta columna.

El jugo que después de pasar por una columna formada por las resinas IR—410 e IR—50 mezcladas presentó un pH 7.3.

Conductividad.—

Se conductividad eléctrica es de 0.00000555.

Cenizas.—

En el crisol no se parecieron en la gráfica se lee 0.000025 %.

Color.—

El líquido que pasó por la mezcla de éstas resinas con un 390 un de longitud de onda presentó un valor de 52.1 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

Con 0.30 cm. cúbicos de solución 0.1 normal de sosa se neutralizaron 10 ml. del líquido que escurrió por ésta columna.

El jugo que después de pasar por una columna formada por las resinas IR—120 e IR—4B mezcladas presentó un pH 6.

Conductividad.—

Su conductividad eléctrica es de 0.00000987.

Cenizas.—

En el crisol no se apreciaron. En la gráfica se lee 0.000027 %.

Color.—

El líquido que pasó por esta mezcla de resinas con un 390 uu de longitud de onda presentó un valor de 58.6 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

Con 0.05 cm. cúbicos de solución 0.1 normal de NaOH se neutralizaron 10 ml. del líquido que escurrió por ésta columna.

El jugo que después de pasar por una columna formada por las resinas IR—4B e IRC—50 mezcladas se le puede observar un pH de 5.9.

Conductividad.—

Su conductividad eléctrica fué de 0.00001.

Cenizas.—

No aparecieron en el crisol. El valor aproximado que se lee en la gráfica es 0.000045 %.

Color.—

El líquido que pasó por la mezcla de éstas resinas con 390 uu de longitud de onda (filtro de color violeta) presentó un valor de 55.8 expresado como extinción.

Acidez Libre.—

Con 0.05 cm. cúbicos de solución 0.1 normal de NaOH se neutralizaron 10 ml. de líquido escurrido.

AZUCARES REDUCTORES FORMADOS DESPUES DE UN CALENTAMIENTO.

Para ver el comportamiento del jugo de caña ante la formación de reductores, debido al calentamiento en presencia de sales se hicieron una determinación de éstos a zúcares al jugo original, y otros líquidos deionizados de ésta naturaleza.

Los líquidos que se trataron fueron los resultantes de hacer pasar el jugo original a una velocidad de 0.232 ml. por minuto y por ml. de resina por torres formados por las siguientes resinas mezcladas.

Primer líquido: el que pasó por las resinas IR—410 e IR—120.

Segundo líquido: el que pasó por las resinas IR—410 e IRC—50.

Tercer líquido: el que pasó por las resinas IR—120 e IR—4B.

Cuarto líquido: el que pasó por las resinas IR—4B e IRC—50.

Se tomaron cinco tubos de ensayo, se numeraron cuatro de ellos, colocando en cada uno de éstos 20 cm. cúbicos del líquido correspondiente al número; y 20 cm. cúbicos de jugo original en el tubo sin numerar.

Se marcó con una línea en cada tubo el nivel que alcanzaba el líquido. Llevando los tubos a un baño maría se hicieron permane-

cer en él, por una hora a 85 grados centígrados. Llegando al término de calentamiento se sacaron los tubos, se aforó cada uno de los líquidos con agua destilada en los respectivos tubos, procediendo a cuantiar los reductores, de cada uno de los líquidos.

Resultados.—

El jugo original que mostraba una conductividad de 0.00325, un pH de 5 y un 0 de reductores iniciales; después del calentamiento contenía 1.5 % de reductores.

El primer líquido que mostraba inicialmente tener una conductividad de 0.00005, un pH 7.1 y un 0.9 % de reductores, mostró después del calentamiento un 0.9 % de éstos (reductores).

El segundo líquido que mostró tener inicialmente una conductividad de 0.0000555, un pH 7.3 y un 0.9 % de reductores, después del calentamiento contenía el mismo porcentaje de azúcares reductores.

El tercer líquido que inicialmente tenía una conductividad de 0.0000987 un pH 6 y un 0.9 % de reductores, después del calentamiento contenía de 0.00001, un pH 5.9 y un 0.9 % de reductores; después del calentamiento aumentó a 0.95 % los reductores.

EFICIENCIA DE FLUJO

Además con el objeto de ver si la velocidad de flujo es suficiente como para que al pasar por la resina, deionice suficientemente el jugo, se hizo una prueba; pasando el jugo original a una velocidad la media de la utilizada para las pruebas anteriores.

El líquido que se hizo pasar por una columna de resinas mezcladas, siendo éstas la IR—110 e IR—120.

El líquido resultante presentó una conductividad de 0.0000144; como veremos al relacionar los resultados obtenidos por la práctica anterior, referéndonos al líquido que se pasó por una columna semejante, son muy cercanas, lo que nos indica que la velocidad de flujo tomada anteriormente es suficiente.

CONCLUSIONES.

- 1) El jugo de caña es susceptible de ser deionizado por resinas cambiadoras de iones pudiendo ser éstas muy o poco ionizada.
- 2) Al mismo tiempo que se verifica la deionización se efectúa una decoloración del jugo.
- 3) Consecuentemente con la deionización el contenido de cenizas decae prácticamente a cero.
- 4) Cuando el jugo se deioniza a través de cuatro columnas (dos cambiadores de aniones y dos de cationes) en forma alterna el pH del jugo está determinado por la última resina.
- 5) Cuando alguna de las resinas que se emplean es débil, ésta no debe de encontrarse al principio pues, no siendo suficiente para desdoblarse las sales, casi no tienen influencia en la deionización.
- 6) Las resinas llevan más a fondo la deionización cuando se encuentran mezcladas.
- 7) En las resinas mezcladas el pH está cerca de 7, y solo en el caso de el uso de la IR-4B el pH está a 6.
- 8) Así mismo la decoloración que se logra supera a cuando se pasa alternativamente por las diferentes resinas.
- 9) El uso de resinas débiles (IR-4B e IRC-50) es más económico pues su regeneración está más cerca del rendimiento 100 % (regenerante / capacidad).
-) Entre las ventajas del uso de resinas en la Industria azucarera puede apuntarse:
 - a) Los evaporadores no se incrustan y su trabajo puede ser continuo.
 - b) El azúcar puede ser blanco directo evitándose toda la instalación de azúcar crudo.
 - c) La cantidad de melazas es más pequeña y de mejor aspecto.
- 10) La velocidad de flujo de 0.232 ml. de jugo por minuto y por ml. de resina es suficiente.

BIBLIOGRAFIA.

- Electroquímica:** Dr. Ing. Victor Gaertner.
- Data Book**
For practicing engineers
and those who work with
- Water Conditioning Problems.**— The Fermitit Company
Manual de Fabricantes de azúcar
de caña y químicos azucareros.— Guilford L. Spencer D. Sc.
- Ion Exchange Resins.**— Robert Kunin and Robert S. Mayers.
Ion Exchanges
- Theory and aplicación.**— Frederick C. Nachod.
Strling — Wnthrop Research
Institute Rensselaer, New York.
- Química Orgánica.**— Fieser Fieser.
- Estudio de un proceso para**
la hidrogenación catalítica
de monóxido de carbono
usando un cambiador de
iones como soporte de cata-
lizador. Tesis del Quim. Augusto Bouras C.
Text. Boock of
- Physical Chemistry**
Chemical engeneera. Samuel
- Handbook** John H. Perry Ph. D. Editor
- Termodinámica** J. Enamswiier
F. L. Schwartz.