

INGENIERIA QUIMICA

Organo del Centro de Estudiantes de la Escuela de
Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia.

DIRECCION:	ASESORES	GERENTE:	REDACTOR
Junta Directiva del Centro Apartado Nal. 20-36	Los profesores internos	A. Velásquez Arana. Tel. 177-10	Alberto Bernal

AÑO 1º Medellín, agosto de 1948. —VOLUMEN 2— NUMERO 5

Tarifa postal reducida. — Licencia N° 1718 de Ministerio de Correos y Telégrafos

La Dirección no asume responsabilidad por los conceptos que emiten sus colaboradores, a través de sus artículos.

ORIENTACION

Definiendo Posiciones

Sr. Decano de la
Facultad de Minas (Universidad Nacional)
La Ciudad.

Muy estimado señor Decano:

En el número 60 de la Revista Dyna, que sirve como órgano de los estudiantes de esa Facultad, aparece dentro del informe que Ud. rinde al señor Rector de la Universidad Nacional, lo siguiente: FACULTAD DE QUIMICA. En las cercanías de la Facultad funciona la Facultad de Química de la Universidad de Antioquia; no es nuestro propósito mezclarnos en asuntos relacionados con este informe, pero queremos anotar sí que la Universidad Nacional, por un arreglo con la de Antioquia, podría incorporar la Facultad de Química dentro de las Facultades de la Universidad Nacional y variar un poco su programa a fin de preparar, **NO EL QUIMICO, SINO EL INGENIERO QUIMICO.** (Los subrayados son nuestros).

Para nosotros es un poco fastidioso el tener que aprovechar las circunstancias que Ud. nos ofrece, para aclarar el significado del párrafo transcrito; y máxime, el tener que hacerlo con Ud., que como decano de una Facultad vecina a la nuestra, ignora lamentablemente los prospectos de estudios que en la actualidad estamos llevando a cabo, a fin de aspirar a optar al título de Ingenieros Químicos. La lamentación a que estamos llevados, es ante todo, por referirse a su persona y al elevado cargo que ocupa, pero por lo demás, para nosotros es hondamente satisfactorio, porque se nos ofrece una nueva oportunidad a fin de dejar sentada una vez más la fisonomía universitaria de nuestro plan de estudios.

Como primera nota de rectificación, hemos de ilustrarle, que por resolución del HH. Consejo Directivo de la Universidad de Antioquia, a raíz de una substancial modificación del pènsum ocurrida hace aproximadamente unos tres años, le fue dado el nombre, a nuestra dependencia Universitaria, de Escuela de Ingeniería Química.

Para terminar el párrafo de su informe a que aludimos, dice: a fin de preparar, **NO EL QUIMICO, SINO EL INGENIERO QUIMICO.** De antemano, el Centro de Estudiantes de la Escuela, quiere dejarle abonado la posible intención que ha podido tener, para preocuparse por nosotros a fin de que actualicemos los estudios. Pero lamentablemente para Ud., es el caso de que nuestra Escuela, es la única en el país, que tiene un plan de estudios básicos para expedir con corrección el título de Ingeniero Químico. Porque el asunto no radica en la obtención de un nombre, sino que ese nombre autorizado por cualquier universidad, aune en su mayor amplitud la mejor aceptación universitaria de él.

En la forma como Ud. aprecia nuestros estudios, nos lleva al campo de una fluctuación de opiniones. No queremos creer, que su concepto haya sido emitido animado por una intención adversa al sentimiento de mutua comprensión que ha de existir entre las diferentes dependencias universitarias de la Patria. Porque no es estimulando esos factores como podríamos, cada cual en su campo de acción, forjar la tónica progresista del país.

La oportunidad que Ud. nos ha dado, procuraremos aprovecharla para ser más enfáticos sobre los estudios que estamos cursando. Queremos hacerle llegar una nota pormenorizada de todo ello, para aspirar a que en lo futuro se comprenda de una mejor manera nuestra carrera.

En las presentes circunstancias, cuando nuestra Revista está llegando a todos los contornos industriales de Colombia, satisface el deseo de una mayor divulgación, el que aprovechemos estas circunstancias para recalcar una vez más el sentido profesional de los estudios que estamos llevando a cabo.

Creemos señor decano, que si a sus manos hubiesen llegado las diferentes entregas de la Revista, a no dudarlo su concepto habría sido completamente diferente. Pero ya que Ud. ha emitido un concepto reñido con la realidad, queremos ponerle de presente cuáles son los estudios que estamos cursando, esperando que una vez que hayamos hecho la relación que nos proponemos, Ud. no seguirá opinando que es necesario que a ellos se les haga "variar un poco", para optar al título de Ingeniero Químico.

Queremos hacer una aclaración antes; y es la de que buscamos el mejor inteligencia con los profesionales de su Facultad, a fin de que ellos no vayan a creer que les vamos a hacer competencia en su ramo. Queremos por su intermedio, dejar deslindado nuestro campo de acción. Nosotros no somos los llamados a construir carreras, a levantar grandes edificios, en prospectar campos de aviación. Bien es cierto que por los estudios matemáticos que tenemos, alcanzamos a medir la magnitud de esos problemas, pero no por ello nos interesa inmiscuirnos en esos asuntos. Esta es una aclaración necesaria y que el suscrito en su calidad de Presidente del Centro de Estudiantes, se ha visto precisado a hacer, toda vez que varios directos amigos, ingenieros ellos, no han podido entrar porque a nosotros se nos de el título de Ingenieros Químicos, sino el de Químicos. Esperamos que para ellos, la presente entrega de la Revista les lleve una mayor luz para mejor distinción.

La misión profesional de nosotros, está en atender los diferentes problemas que en la industria química se presentan, dentro de un punto de vista general y técnico. Abocamos todos ellos, desde el estudio de un equipo industrial, hasta los factores más pequeños, que en un proceso químico se requieran. No nos contentamos con ver funcionar un horno; nuestros estudios nos llevan a mirar el proceso de combustión bajo el aspecto dinámico. Qué mejor combustión se podría llevar a cabo, qué mejor diseño de equipo podría llevarnos a mayores economías. Punto por punto podríamos irlo analizando, para dejar sentada bases precisas, pero esta función creemos que la cumplen de una mejor manera los diferentes problemas que en cada edición de la Revista publicamos, pues ellos esquematizan más claramente nuestros propósitos.

Pénsum de la Escuela de Ingeniería Química

Primer Semestre
 Química General
 Física General
 Algebra 1º
 Aritmética
 Geometría 1º
 Dibujo 1º
 Segundo Semestre
 Química Inorgánica 1º
 Algebra 2º
 Geometría 2º
 Física 1º
 Trigonometría
 Dibujo 2º
 Tercer Semestre
 Química Inorgánica 2º
 Química Orgánica 1º
 Cálculo 1º
 Geometría Analítica
 Física 2º
 Dibujo 3º
 Cuarto Semestre
 Química Orgánica 2º
 Química Analítica 1º
 Cálculo 2º
 Física 3º
 Mineralogía
 Quinto Semestre
 Química Orgánica 3º
 Química Analítica 2º
 Físico-Química 1º
 Cálculo Gráfico y Nomografía
 Mecánico Racional

Sexto Semestre
 Química Analítica 3º
 Físico-Química 2º
 Resistencia Química 1º
 Ingeniería Química 1º
 Termodinámica 1º de Ing. Quím.
 Estequiometría Industrial
 Materiales de Ingeniería Química
 Séptimo Semestre
 Ingeniería Química 2º
 Termodinámica 2º de Ing. Quím.
 Cálculos de Ingeniería Química
 Catálisis Industrial.
 Electrotecnia
 Talleres
 Octavo Semestre
 Ingeniería Química 3º
 Diseño de Equipo
 Procesos Orgánicos
 Electroquímica Industrial
 Metalurgia Física
 Noveno Semestre
 Ingeniería Química 4º
 Diseño de Plantas
 Industrias con Procesos
 Metalurgia Aplicada
 Motores Industriales
 Décimo Semestre
 Bacteriología Industrial
 Economía y Administración
 Tesis

La Universidad de Michigan de los Estados Unidos, para dar el título de Bachiller en Ciencias, que es el equivalente a los estudios profesionales que se hacen en la América Latina, dispone del siguiente pénsum en cuanto a Ingeniería Química se refiere.

Primer Semestre
 Matemáticas (Alg. y Geom. Analít.)
 Inglés 1º y 2º
 Dibujo 1º
 Química o Proc. Metales
 Educ. física o ciencia militar o naval
 Tercer Semestre
 Matemáticas
 Física
 Química 21
 Dibujo
 Ciencia militar o naval
 Quinto Semestre
 Química 67
 Ingeniería Química
 Mecánica Racional
 Ingeniería Mecánica
 Opcional

Segundo Semestre
 Matemáticas (Geom. Ant. plana y sol.)
 Inglés 3º y 4º
 Dibujo
 Química o proc. 2
 Educ. física o ciencia militar o naval
 Cuarto Semestre
 Matemáticas
 Física
 Dibujo
 Química 41
 Ciencias militar o naval
 Sexto Semestre
 Química 85E
 Química 169E
 Ing. Química 11
 Ing. Química 6
 Opcional

Séptimo Semestre
 Química 87
 Ing. Química 13
 Ing. Química 16
 Ing. Química 25
 Inf. Eléctrica
 Opcional

Octavo Semestre
 Economía
 Ing. Química
 Ing. Química 17
 Ing. Química 29
 Composición Técnica
 Opcional

Pénsum del Colegio del Estado de Oregon; Corvallis, Ore.

Primer Año
 Reseña de Ingeniería Química
 Química General
 Dibujo de Ingeniería
 Taller
 Análisis Matemático
 Comps. Literaria
 Higiene General
 Ciencia Militar
 Educación Física

Segundo Año
 Tecnología Química
 Estequiometría Industrial
 Quím. Anal. Cualitativa
 Quím. Anal. Cuantitativa
 Cálculos Diferencial e Integral
 Física para Ingeniería
 Ciencia Militar
 Educación Física
 Ciencias Sociales o Literatura

Tercer Año
 Cálculos de I. Q.
 Termodinam. para Ing. Química
 Ingeniería Química
 Química Orgánica
 Química Física
 Estática
 Resistencia de Materiales
 Lab. de Materiales
 Opcional

Cuarto Año
 Ingeniería Química
 Industrias con Procesos Quím.
 Lab. de Ing. Química
 Electricidad Industrial
 Diseño de Fábricas Químicas
 Opcional

Pénsum de Ingeniería Química de Illinois Instituto de Tecnología.

Primer Semestre
 B. E. 101 Principios de economía
 Quím. 101 Química General
 Quím. 102 Química General Lab.
 Mat. 101 Algebra y Trigonometría
 T. D. 101 Dibujo Técnico
 101 Fundamentos de Inglés
 Educación Física

Segundo Semestre
 B. E. 102 Principios de Economía
 Quím. 103 Quím. Analít. Cualit. Lab.
 Quím. 103 Quím. Analít. Cualit.
 Mat. 102 Geometría Analít. y Trig.
 T. D. 102 Dibujo Técnico
 102 Comp. Inglés
 Educación Física

Tercer Semestre
 Mat. 201 Cálculo
 Fís. 201 Física General
 Fís. 205 Física General Lab.
 Quím. 204 Química Orgánica
 Quím. 206 Química Orgánica Lab.
 Quím. 201 Análisis Cuantitativo
 Ch. E. 205 Estequiometría

Cuarto Semestre
 Mat. 202 Cálculo
 Fís. 202 Física General
 Fís. 206 Física General Lab.
 Quím. 205 Química Orgánica
 Mec. 204 Mecánica Aplicada
 Ch. E. 205 Estequiometría
 Quím. 201 Análisis cuantitativo

Quinto Semestre
 Quím. 308 Físico Química
 Quím. 310 Físico Química Lab.
 Ch. E. 306 Tecnología Química
 Ch. E. 311 Operaciones Unidas

Sexto Semestre
 Quím. 309 Físico Química
 Quím. 311 Físico Química Lab.
 Ch. E. 312 Operaciones Unidas
 Ch. E. 321 Ingeniería Química Lab.
 M. E. 331 Ingeniería Metal.
 Estudio liberal Electivo
 Electivo

Inglés Electivo		Octavo Semestre	
Estudio Liberal Electivo		Ch. E.	407 Tecnología Química
Electivo		E. E.	415 Electricidad
Séptimo Semestre		Ch. E.	431 Procesos y Diseño de Plant.
Ch. E.	424 Ingeniería Química Lab.	Ch. E.	494 Problemas especiales
M. E.	431 Diseño de Equipo	M. E.	316 Termodinámica
E. E.	414 Electricidad		Estudio liberal electivo
Ch. E.	451 Termodinámica		
	Estudio liberal electivo		
	Electivo		

Quisiéramos entrar en mayores detalles con relación al significado de cada materia y muy especialmente en aquellas que dan más carácter a la Ingeniería Química, pero tememos, que nos estamos alargando un poco. En otra oportunidad nos ocuparemos de esta cuestión. Creemos sí, que con la transcripción de los diferentes planes de estudios de varios Institutos técnicos de los Estados Unidos, bastará para que Ud. pueda colegir de una mejor manera hasta dónde llegamos en nuestros estudios, y si es menester todavía introducir reformas para que en realidad de verdad, aspiremos a que se expida en la Escuela de Ingeniería Química, un título que identifique claramente su nombre.

En los diferentes pñsumes, no hemos querido poner la intensidad de materias y los créditos respectivos, porque estimamos, que para llenar nuestros propósitos sea suficiente la forma escueta como hemos querido presentarlos. No obstante, si Ud. estima que no se encuentra suficientemente satisfecho con nuestra aclaración, con el mayor gusto entraríamos en mayores detalles, con mejor visualización técnica, a fin de exponerle claramente el alcance de cada materia y el objetivo en su intensidad.

Señor Decano: en otro aparte de la presente entrega de la Revista aparecen unas declaraciones de Mr. Campbell, las cuales nos llevan a testificar el propósito de la presente nota. Mr. Campbell es un claro profesional de los Estados Unidos, que dispone de un concepto preciso sobre el alcance de nuestra profesión y puede medir en toda su magnitud, el significado de las materias que estamos cursando. Seguros permaneceremos que Mr. Campbell nos ha ayudado enormemente en los presentes propósitos.

Para terminar, hemos de decirle que para comparación de los planes de estudio transcritos, es menester que tengamos en cuenta la forma como están delineados ellos, de acuerdo con las orientaciones educativas que nos rigen. Si quisiéramos alargarnos más, podríamos demostrarle, hasta dónde nuestro pñsum es de completo, y hasta dónde llega su didáctico desarrollo.

Ud. se dignará escusarnos la longitud de la presente nota, pero es que el tema a tratar es amplio y requiere por su novedad en nuestro medio, de las más completas explicaciones.

Sin otro particular por la presente, y con las excusas por nuestra larguedad, nos suscribimos muy atentamente,

CENTRO DE ESTUDIANTES
A. Velásquez Arana
Presidente

Notas Sobre Ecuaciones Empíricas

Por Angel Zapata, Ingo. Químico

En estas notas sobre ecuaciones empíricas no se aumenta ni perfecciona en nada los métodos dados por los autores estadinenses DALES S. DAVIS y JOSEPH LIPKA, en sus libros sobre el tema. Es apenas una exposición en castellano de sus métodos. Tal vez sea de alguna utilidad para los ingenieros químicos de Colombia.

No todas las ecuaciones que usa el ingeniero en sus cálculos han sido deducidas por métodos analíticos rigurosos. Una buena parte de ellas se ha obtenido por métodos aproximados. La ecuación empírica, de extensa aplicación hoy día, se deduce exclusivamente con base en resultados experimentales. Si ella es imperfecta, ello se debe a la imperfección de los experimentos, pues el hombre no ha desarrollado una técnica experimental que le permita estudiar fenómenos, sin dejar en los resultados un poco de imperfección.

En estas notas se hablará de ecuaciones empíricas, de dos variables, para funciones no periódicas.

Supóngase que se han hecho experimentos sobre la conductividad térmica de un concreto, variando el tiempo de envejecimiento. De estos experimentos se obtienen distintos valores de (y) conductividad, para x, tiempo en días. Se busca establecer una ecuación empírica que relacione a (y) como una función de (x). Esto es $y=f(x)$. La ecuación empírica no será más exacta que los datos experimentales, máxime si se anota la posibilidad de errar en su deducción. El método para obtener la ecuación se dará en forma de etapas para mayor claridad.

Primera etapa: En un papel milimétrico común se traza un gráfico de los datos experimentales. Para el ejemplo anotado será $y=V_s-x$. Es claro que si se va a expresar $y=f(x)$, se tomará (y) en las ordenadas o eje vertical.

Dos casos pueden presentarse: Que todos los puntos experimentales caigan sobre una curva geométrica. En este caso al usar el curvógrafo o la regla, saltará a la mente la clase de función matemática que une las variables. El segundo caso se presentará cuando los puntos se distribuyen arbitrariamente, como sin seguir ninguna ley matemática. Para este caso se persigue en el gráfico lo que se llama "tendencia general de la curva" o sea acomodar el curvógrafo hasta encontrar una curva tal que comprenda el mayor número de puntos experimentales y buscando que aquellos puntos que no pueden caer sobre la curva, queden igualmente distribuidos a lado y lado de ella. Puede ser también que los puntos que no caen sobre la curva son errores experimentales y que el fenómeno sí tiene una ley matemática definida, por eso se busca distribuir los residuales a lado y lado de la curva. Algunos datos experimentales se distribuyen sobre una línea mixta compuesta por un segmento rectilíneo y una curva. Este caso tiene un tratamiento especial.

Segunda etapa: Se tiene ya el gráfico cuidadosamente trazado. La forma de la curva puede sugerir, de inmediato, un tipo de ecuación familiar. Pero el camino más seguro es comparar la curva con otras conocidas. Para esto se apela a un buen texto de geometría Analítica. De los muchos casos que pueden presentarse se pueden seleccionar los siguientes:

- 1º) Línea recta de la forma $y = b x$
 2º) " " " " " $y = b x + a$
 3º) Curva parabólica de forma $y = a x^b$
 4º) " " " " $y = a x^b + c$
 5º) " hiperbólica " " $y = \frac{a}{x^b}$
 6º) " " " " $y = \frac{a}{x^b} + c$
 7º) " " " " $y = \frac{x}{a + b x}$
 8º) " exponencial " " $y = 10^{a + b x}$
 9º) " " " " $y = 10^{a + b x} + c$
 10º) Parábola simple de forma $y = a + b x + c x^2$

Tercera etapa: Rectificación de los datos. Puesto que ya se tiene una ecuación que parece representar la función buscada, vale la pena comprobar si los datos experimentales satisfarán la ecuación. Para ésto se usa rectificar los datos. Esta rectificación consiste en hallar una relación matemática entre las variables de la función supuesta de manera que el gráfico de esta nueva función sea una línea recta, independiente de las constantes que aparezcan en la nueva función. La rectificación se hace generalmente por métodos algebraicos y no hay regla general para hacerla.

Supóngase que el gráfico de la etapa primera sugiere una ecuación de la forma $y = ax^b$ donde a y b son constantes. Tomando logaritmos se tiene:

$$\log. y = \log. a + b \log. x \quad (1)$$

Es claro que si sobre un papel milimétrico se traza ahora el gráfico de $\log. y - Vs - \log x$, el gráfico es una línea recta. Así quedan rectificadas los datos. Si todos los puntos trazados caen sobre una línea recta, es porque la ecuación asignada es correcta. Si no todos los puntos caen sobre una recta, se puede buscar la mejor recta entre ellos y así la ecuación asignada será aproximadamente exacta.

Supóngase que la ecuación asignada fué

$$y = \frac{x}{a + b x}, \text{ de donde } \frac{1}{y} = \frac{a}{x} + b.$$

Si se traza un gráfico de $\frac{1}{y} - Vs - \frac{1}{x}$. Esto será una línea recta.

Si la ecuación supuesta es: $y = 10^{a + b x} + c$, la rectificación se hace así: $y - c = 10^{a + b x}$ de donde, $\log (y - c) = a + b x$. Al trazar el gráfico de $\log (y - c) - V_s - x$, resultará una línea recta. Pero puesto que c es una constante de la ecuación y aún no se han determinado constantes, se buscará con base en los datos experimentales así: En el gráfico inicial (de la primera etapa) se seleccionan dos puntos sobre la curva, de preferencia puntos no experimentales y que se hallen en los extremos de la curva. Estos puntos tendrán como coordenadas (x_1, y_1) , (x_2, y_2) y se busca un

tercer punto sobre la curva tal que, $x_3 = \frac{x_1 + x_2}{2}$. Puesto que los tres puntos

yacen sobre la curva, sus coordenadas satisfarán la ecuación de la curva y se puede escribir:

$$\begin{array}{ll} y_1 = 10^{a + b x_1} + c \dots\dots (1) & \text{Luego: } \log (y_1 - c) = a + b x_1 \\ y_2 = 10^{a + b x_2} + c \dots\dots (2) & \log (y_2 - c) = a + b x_2 \\ y_3 = 10^{a + b x_3} + c \dots\dots (3) & \log (y_3 - c) = a + b x_3 \end{array}$$

Resolviendo estas ecuaciones para $x_1, x_2, x_3 = \frac{x_1 + x_2}{2}$. Se tiene:

$$\frac{\log (y_3 - c) - a}{b} = \frac{1}{2} \left[\frac{\log (y_1 - c) - a}{b} + \frac{\log (y_2 - c) - a}{b} \right]$$

de donde: $\log (y_3 - c) = \frac{1}{2} \log \left[(y_1 - c) (y_2 - c) \right]$

o sea $y_3 - c = \sqrt{(y_1 - c) (y_2 - c)}$

Elevando el cuadrado y sacando el valor de C:

$$c = \frac{y_1 y_2 - y_3^2}{y_1 + y_2 - 2y_3}$$

Este valor se reemplaza en la nueva función hallada y es traza el gráfico.

Cuarta etapa: Determinación de las constantes. En todas las ecuaciones asignadas en la etapa segunda, aparecen constantes que se deben determinar con base en los datos experimentales. La exactitud de las constantes depende de la exactitud de los datos y del cuidado en su determinación. Hay tres métodos generales para determinarlas: 1º) Método de los puntos seleccionados. 2º) Método de los promedios. 3º) Método de los cuadrados mínimos:

Método de los puntos seleccionados

El método de los puntos seleccionados rara vez lo usa el ingeniero en la determinación de constantes. Es un método aproximado y muy rápido y por lo tanto bastante inexacto.

En el gráfico de la función rectificada (etapa N° 3) que es siempre una línea recta, se seleccionan dos puntos sobre la recta y localizados en los extremos de ella. Las coordenadas de estos puntos satisfarán la ecuación de esta recta. Así se pueden escribir dos ecuaciones con dos incógnitas y resolver para las constantes .

Método de los promedios

Es el más ampliamente usado por los ingenieros. Es más exacto que el de los puntos seleccionados y menos que el de los cuadrados mínimos. Si en la función rectificadora se reemplazan los n valores experimentales de que se dispone para deducir la ecuación, se obtendrán n ecuaciones que tienen por incógnitas las constantes de la ecuación. Si estas ecuaciones se ordenan por valores ascendentes o descendentes de una de las variables y se agrupan en dos conjuntos de, aproximadamente, el mismo número de ecuaciones, podrán sumarse término a término las ecuaciones de cada conjunto, resultando así dos ecuaciones finales que resumen todos los experimentos. Estas ecuaciones se resuelven ahora para las constantes que son las incógnitas.

En el gráfico de la función rectificadora es muy probable que no todos los puntos hayan caído, sobre una línea recta. Habrá datos más altos de la línea general y otros más bajos. A estas diferencias entre los valores experimentales que se salen de la recta y los puntos de la recta se llaman "Residuales". Al tomar el promedio de las ecuaciones en la forma rectificadora, lo que se hace es efectuar la suma algébrica de los residuales; como si la mejor línea fuera aquella en que la suma algébrica de los residuales es igual a cero.

Supóngase que la ecuación asignada en la etapa segunda fue: $y = a x + b$ por ser la ecuación de una línea recta ya está rectificadora. Si se dispone de 10 pares de valores experimentales, se pueden escribir 10 ecuaciones que tienen por incógnitas las constantes a y b . Si se agrupan en conjuntos de 5 ecuaciones y se suma cada grupo, se tendrán dos ecuaciones finales de la forma $\Sigma y = a \Sigma x + n b$ donde n es el número de ecuaciones sumadas. Las dos ecuaciones finales se resuelven simultáneamente para a y b . Eso es todo.

Método de los cuadrados mínimos

Cuando la naturaleza del trabajo exija una gran exactitud, las constantes pueden determinarse por el método de los cuadrados mínimos. Este método se usa mucho en el establecimiento de leyes biológicas con base en datos experimentales.

Si la ecuación asignada es $y = a + b x$ la teoría de este método dice que si la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores observados de (y) y los calculados (y'), donde $y' = a + b x$, es un mínimo, entonces la recta es la mejor posible.

$$(1) \Sigma (y - y')^2 = \Sigma (y - a - b x)^2 = \text{un mínimo.}$$

Puesto que esta ecuación puede escribirse para cualquier función asignada, el método es general. Por simplicidad se usa exponer el método con base en la línea recta.

La condición de un mínimo se cumple cuando la derivada parcial de la expresión anterior con respecto a una cualquiera de las constantes es igual a cero. Así:

$$\frac{\partial \Sigma (y - a - b x)^2}{\partial a} = 0$$

o lo que es igual $\Sigma [-2 (y - a - b x)] = 0.$

Esto para n puntos experimentales da:

$$\Sigma y = n a + b \Sigma x. (A)$$

Esta condición es también satisfecha cuando la derivada parcial de la misma expresión con respecto a (b) es igual a cero:

$$\frac{\partial \sum (y - a - b x)^2}{\partial b} = 0$$

$$\sum [-2 x (y - a - b x)] = 0$$

De lo que se obtiene:

$$\sum x y = a \sum x + b \sum x^2 \quad (B).$$

Si las ecuaciones A y B se resuelven simultáneamente para las constantes se tiene resuelto el problema.

— Ejemplo —

Los datos *presión-volumen* para una máquina de gas son los siguientes:

P	44.7	53.8	73.5	85.8	113.2	135.8
V	7.03	5.85	4.30	3.50	2.50	1.90

La presión se da en libras por pulgada cuadrada. El volumen en pies cúbicos por libra (volumen específico).

Se desea establecer una ecuación empírica para éstos datos.

— Resolución —

Etapa Nº 1: Véase el gráfico Nº 1.

Etapa Nº 2: Por comparación con otras curvas se asignará la ecuación:

$$P = a V^b + c$$

Etapa Nº 3: $P - c = a V^b$: de donde $\log (P - c) = \log a + b \log V$
 $\log (P - c) = \log a + b \log V$. La función rectificadora tiene por ecuación:
 $\log (P - c) - V_s = \log V$.

Para calcular el valor de la constante c , se seleccionan los puntos A, P marcados en el gráfico Nº 1. Estos puntos tienen por coordenadas: P (135.8 : 1.9), A (44.7 : 7.03). Siguiendo el método descrito en la etapa tercera *con la diferencia que*
 $X_3 = \sqrt{x_1 x_2}$ Esto es:

$$V_3 = \sqrt{V_1 V_2},$$

se obtiene, como en el caso de la media aritmética:

$$C = \frac{P_1 P_2 - P_3^2}{P_1 + P_2 - 2 P_3} ;$$

De los datos se tiene:

$$V_1 = 7.03, V_2 = 1.9; P_1 = 44.7, P_2 = 135.8; V_3 = \sqrt{(7.03)(1.9)} = 3.65$$

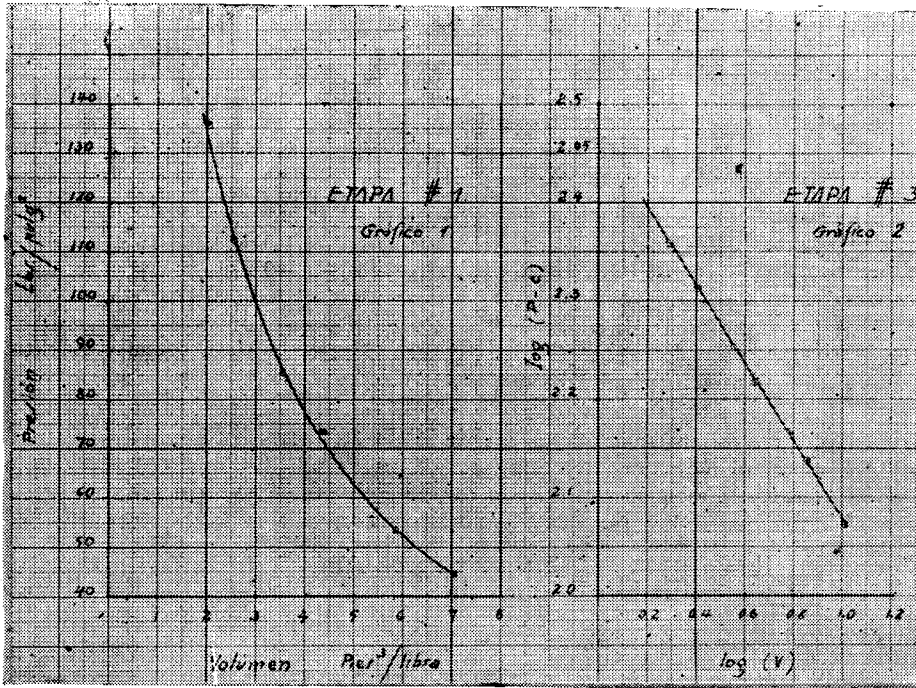
Leyendo del gráfico Nº 1 el valor correspondiente a $P_3 = 84.5$ se calcula
 $(44.7)(135.8) - (84.5)^2$

$$C = \frac{\quad}{44.7 + 135.8 - 2(84.5)} = -93.04$$

Tabulando los datos para la nueva función se tiene:

$\log (P - C)$	2.13893	2.16673	2.22141	2.25237	2.31429	2.35946
$\log V$	0.84696	0.76716	0.63347	0.54407	0.39794	0.27875

Véase el gráfico N° 2 para los datos anteriores.



Etapa N° 4: Determinación de constantes. a) Método de los promedios:

Reemplazando los datos experimentales en la ecuación rectificada:

$\log (P - c) = \log a + b \log V$ se obtienen 6 ecuaciones así:

$$\left. \begin{array}{l} 2 \ 13893 = \log a + 0.84696 \ b \\ 2 \ 16673 = \log a + 0.76716 \ b \\ 2 \ 22141 = \log a + 0.63347 \ b \end{array} \right\} \text{1er. grupo}$$

Suma: $6.52707 = 3 \log a + 2.24759 \ b$

$$\left. \begin{array}{l} 2 \ 25237 = \log a + 0.54407 \ b \\ 2 \ 31429 = \log a + 0.39794 \ b \\ 2 \ 35946 = \log a + 0.27875 \ b \end{array} \right\} \text{2º grupo}$$

Suma: $6.92162 = 3 \log a + 1.22076 \ b$

Resolviendo simultáneamente las dos ecuaciones sumas, se obtiene:

$$a = 290.6 ; b = -0.384$$

Luego la ecuación empírica es:

$$P = 290.6 V^{-0.384} - 93.04$$

Se puede "chequear" la ecuación con un valor cualquiera de los experimentales, así:

Para $V = 3.5$ se tiene $\log (P + 93.04) = \log 290.6 + (-0.384) \log 3.5$ de donde: $\log (P + 93.04) = 2.2543$ de donde $P = 86.56$. El valor experimental es 85.8.

La correspondencia puede verse en el cuadro siguiente:

P experimental	44.7	53.8	73.5	85.8	113.2	235.8
P calculado	44.46	54.4	72.96	86.5	112.0	134.1

El lector puede comprobar la ecuación asignada calculando las constantes por los otros métodos ya descritos.

Problemas de Ingeniería Química

(1) EVAPORACION

Por A. Velásquez Arana - Alumno de la Escuela

Primeramente, quiero presentar un problema correspondiente al segundo curso que sobre ingeniería química se dicta en la Escuela. Espero que ello contribuya a llevar mejor delineamiento sobre los problemas que atacan nuestros estudios.

El tipo del problema que a continuación traigo, se presenta muy especialmente en el proceso de fabricación de azúcar. Es claro, que en la práctica, serán variadas las circunstancias para determinar la puntualización del problema.

92 000 libras de una solución con 5% de sólidos se introducen a una temperatura de 180° F en el segundo efecto de un evaporador de triple efecto. El líquido entra entonces en el tercer efecto y la solución concentrada con 40% de sólidos sale del primer efecto. El vapor de agua que se introduce en el primer efecto tiene una temperatura de 250° F (L:945 BTU/lb.).

Si las temperaturas en los efectos son (I) 195° F; (II) 160° F; (III) 110° F, calcule:

- (1) Las cantidades de agua vaporizada en cada uno de los efectos;
- (2) El vapor de agua que se necesita para este proceso.

Datos:

$$\begin{array}{ll} L_1 = 981 & U_1 = 300 \\ L_2 = 1002 & U_2 = 500 \\ L_3 = 1031 & U_3 = 400 \end{array}$$

— Resolución —

Sólidos: (0.05) (92000) = 4,600 lbs.

Agua: 92,000 — 4600 = 87,400 lbs.

Sea x, las libras de solución concentrada: (x) (0.4) = 4,600

$$x = 11,500 \text{ lbs.}$$

(1) Libras de agua evaporada: 92,000 — 11,500 = 80,500

BALANCE

Nomenclatura:

W = Libras de vapor suministrado
x = Libras de vapor que sale del 1 efecto.
y = Libras de vapor que sale del 2 efecto
z = Libras de vapor que sale del 3 efecto.

$$(945) (W) - (92000 - y - z) (195 - 110) = (981) (x) \quad (a)$$

$$(981) (x) + (92000) (180 - 160) = (1002) (y) \quad (b)$$

$$(1002) (y) + (92000 - y) (160 - 110) = (1031) (z) \quad (c)$$

$$x + y + z = 80500 \quad (d)$$

La ecuación (b), queda como,

$$(981) (x) - (1002) (y) + 1840000 = 0 \quad (b')$$

La ecuación (c) queda como,

$$(1002) (y) + (4600000) - (50) (y) = (1031) (z) \quad (c')$$

Despejo z de (d) y reemplazo en (c)

$$(1002)(y) + (4600000) - (50)(y) = (1031)(80,500 - x - y)$$

$$(952)(y) + (4600000) = (82995500) - (1031)(x) - (1031)(y)$$

$$(1983)(y) + (1031)(x) - (1835900) = 0 \quad (e)$$

Multiplico (e) por 981 y (b') por 1031, luego resto y despejo a (y). De donde:

$$y = \frac{78803025500}{2978385} = 26,450 \text{ Lbs. de vapor}$$

reemplazo en (b') y despejo (x);

$$x = \frac{26510916 - 1840000}{981} = 25150 \text{ lbs. de vapor}$$

y reemplazo en (c),

$$z = 80,500 - 51,606 = 28900 \text{ lbs. de vapor}$$

reemplazo en (a)

$$(945)(W) = 24670188 + 3115080$$

despejo a (W),

$$(2) \quad W = \frac{27785268}{945} = 29,400 \text{ lbs. de vapor suministrado}$$

(2) FLUJO DE FLUIDOS

El siguiente problema corresponde al curso primero, que sobre Ingeniería Química se dicta en la Escuela. Es indudable que este tipo de problemas es de singular importancia en nuestro medio industrial. También en consideración a estas cuestiones, son múltiples las circunstancias que se presentan y con ellas, variados los problemas a resolver. Procuraré para nuestra próxima entrega, traer otro problema similar al presente.

Una cañería de acero tiene un diámetro interno de 13.25 pulgadas y ha sido diseñado para llevar 48,000 barriles de aceite por cada 24 horas día y desde un campo de explotación a una refinería localizada a 578 millas. La diferencia en elevación de los dos extremos de la línea, es despreciable.

- a) Calcular el HP teóricamente requerido para vencer la fricción en la línea de la cañería.
- b) Ya que la máxima presión permitida en cualquier sección de la línea es de 650 lbs./pulg. cuad., será necesario insertar estaciones de bombeo adicionales a espacios convenientes a lo largo de la línea de la cañería. Cuál es el más pequeño número de estaciones de bombeo requeridas?

DATOS Y NOTAS: A la temperatura media que envuelve, el aceite tiene una viscosidad absoluta de 50 centipoises y una gravedad específica de 0,87.

— Resolución —

Un barril contiene 5.62 pies cúb.

La rata de flujo es igual a Q, de donde

$$Q = (V)(A) \text{ , de donde } V = \frac{Q}{A}$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{(22)(13,25)^2}{7 \times 144 \times 4} = 0.952 \text{ pies}^2$$

Rata de flujo:

$$Q = \frac{(48,000) (5.62)}{(24) (3600)} = 3.124 \text{ pies cúb./seg.}$$

$$\frac{(3.124) (7) (144) (2)}{(11) (13.25)^2}$$

$$\therefore V = \frac{(3.124) (7) (144) (2)}{(11) (13.25)^2} = 3.31 \text{ pies/seg.}$$

Por la ecuación de Fanning (Walker, pág. 77), tenemos:

$$dF = \frac{V^2}{g} \frac{dN}{DV\rho} \phi \frac{DV\rho}{\mu}$$

Pero $\phi \frac{g}{DV\rho} = \phi Re = 2 f$

$$\therefore F = \frac{4fNV^2}{2gD}$$

$$Re = \frac{DV\rho}{\mu} = \frac{(13.25) (3.31) (0.87) (62.3)}{(12) (50) (0.000672)} = 5900$$

Con base a este número de Reynolds, encuentro la función f , en el gráfico de la figura 27, de Walker $\therefore f = 0.01$

Una vez obtenido el anterior valor, puedo obtener F

$$\therefore F = \frac{(4) (0.01) (578) (5280) (3.31)^2 (12)}{(64.3) (13.25)} = 18890 \text{ pies}$$

El gasto es equivalente a:

$$\frac{(3.124 \text{ pies}^3/\text{seg.}) (0.87) (62.3 \text{ lb./pie}^3)}{(169 \text{ lbs./seg.}) (18890 \text{ pies})} = 61.9 \text{ lbs./seg.}$$

$$1 \text{ HP} = \frac{550 \text{ lbs. - pies/seg.}}{3190000}$$

$$\therefore \frac{61.9}{550} = 5800 \text{ HP.}$$

Como no tenemos diferencia de niveles apreciable y no disponemos de datos afectados por la presión, podemos tener:

$$\therefore \text{el número de bombas será: } \frac{(18890 \text{ pies}) (0.87) (62.3 \text{ lbs./pies}^3)}{(650 \text{ lbs./pulg.}^2) (144 \text{ pulg.}^2/\text{pies}^2)} = 11$$

pues tenemos que la cañería sólo resiste 650 lbs./pulg.²



Cuarenta Años de Investigación sobre los Líquidos.

Por George Antonoff

Traducción de Alberto Bernal, de 2º curso.

Por solicitud del autor del presente artículo, puesta de manifiesto por intermedio de nuestro profesor Dr. Yakimac, nos es placentero el presentar a los numerosos lectores de la Revista, un trabajo de singular importancia por la trascendencia que él reviste.

L. D.

He estado ocupado en trabajar sobre líquidos, por casi cuarenta años con algunas interrupciones. Escogí un camino enteramente diferente a las vías convencionales para acercarse a esta materia y empecé con algunos objetivos ante mi vista, para llegar a resultados totalmente distintos a los que esperaba.

Las dificultades que experimenté al comienzo, fueron desalentadoras por crear una impresión de trabajo poco satisfactorio; sólo mucho más tarde vine a darme cuenta de que no había sido por mi culpa y que toda la dificultad se debía a causas intrínsecas, o en otras palabras, a la existencia de estructuras en los líquidos. Esta se manifestó, en primera instancia, por el desacuerdo entre mediciones individuales. Si se comparan las constantes dadas por varios autores, se observan diferencias que están muy por encima de las que pueden suponerse razonablemente dentro de los límites experimentales de error. Esto no es debido a trabajos deficientes ni a falta de seriedad por parte de la mayoría de los autores. Lo que ocurre es que a un líquido no pueden asignársele propiedades definidas, a menos que se conozca su "historia" previa. A una temperatura dada existen ciertos equilibrios y al variar la temperatura, puede transcurrir algún tiempo antes que el líquido se acomode a las nuevas condiciones.

Pasó bastante tiempo antes de comenzar a darme cuenta de estas cosas y es posible que me interese a otros el conocer cómo ocurrió esto: mi investigación de los líquidos se originó de la siguiente manera. Vi en

un tubo de ensayo dos capas líquidas, tales como éter y agua y me pregunté por qué no se mezclaban, pero la respuesta no apareció. Me dije que algo tenía que ver el fenómeno con el de la tensión superficial, y con esta idea en mi mente empezó la búsqueda de la existencia de una ley definida que relacionara las tensiones superficiales de dos capas líquidas con la tensión interfacial. Antes de esto, la evidencia general había indicado (según Quincke) que no había ninguna relación entre las mencionadas cantidades. Se debía esto a que los experimentadores anteriores no habían prestado atención a las condiciones de Equilibrio. En este sentido, no podemos despreciar la grande importancia de las ideas de Willard Gibbs quien explicó al mundo que, a menos que las condiciones de equilibrio se observen estrictamente, ninguna medición física tendrá valor definido.

En un número limitado de pares de líquidos, tuve éxito al demostrar que una relación, a saber

$$(1) \quad \gamma_{12} = \gamma_1 - \gamma_2$$

donde γ_1 es la tensión superficial de una capa líquida

γ_2 es la tensión en la otra capa

γ_{12} es la tensión interfacial

es verdadera. Se llamará en adelante L. A.

(Ley de Antonoff). Se pudo demostrar que, si uno o ambos líquidos son volátiles, es extraordinariamente difícil mantener el equilibrio y deben desarrollarse técnicas especiales para estos estudios. Debido a esto, en muchos casos se obtuvieron cifras que fluctuaban con el tiempo y no hubo explicación para esos fenómenos. Por ende se necesitaba una teoría comprensiva y mientras ésta no existiera era inútil continuar el trabajo. Por este motivo decidí abandonar la investigación al menos temporalmente. Justamente por ese tiempo, como lo supe después, Lord Rayleigh, decidió abandonar sus investigaciones sobre la misma materia. No pudo llegar a conclusiones ningunas por causas idénticas a las de Quincke, es decir por desconocer las ideas de

Willard Gibbs de acercarse al asunto desde el punto de vista de los equilibrios.

Después fui a trabajar con Lord Rutherford sobre la Radioactividad, un campo totalmente distinto. Sin embargo cuando Rutherford anunció su teoría sobre el átomo, fue claro que la tensión superficial se debía, de alguna manera, a la presencia de fuerzas eléctricas. Sir Oliver Lodge expresó su punto de vista, de que la tensión superficial puede ser producida por la presencia de dipolos eléctricos. Sentí entonces que era tiempo para una nueva teoría de la tensión superficial, y animado por Ph. A. Guye de Ginebra, un gran especialista en líquidos, y por Sir Arthur Schuster, fui a Cambridge. Allí J. J. Thomson me puso en contacto con J. W. Nicholson quien era reputado como el más prominente físico matemático del momento. Con su ayuda se pudo desarrollar una teoría sobre la tensión superficial, suponiendo que cada molécula es un par magnético o eléctrico, o ambas cosas. Este trabajo se efectuó en 1911-12, pero no pudo publicarse hasta 1918, por causa de la guerra. Mientras tanto, en 1912, Debye introdujo el concepto de momentos dipolares debidos a la excentricidad de las cargas eléctricas de las moléculas.

Mi trabajo teórico mostró que la fórmula (1) puede ser deducida actualmente de una manera teórica, y de modo bastante curioso, indicó que dos capas líquidas en contacto pueden coexistir, sólo si contienen un número igual de moléculas (o mejor dicho, partículas) por unidad de volumen, es decir $n_1 = n_2$.

donde n_1 es el número de partículas por unidad de volumen en una capa líquida y n_2 el número de partículas por volumen unitario en la otra capa líquida.

Este resultado me pareció confuso a primera vista, pero toda la experimentación posible acumulada desde entonces, demuestra que así debe ser. También muestra el resultado, que las leyes de la teoría cinética son ciertas cuando se aplican a los líquidos a pesar de la corta distancia entre las partículas. Esto indica que en un sistema líquido-líquido (es decir aquellos que consisten de dos capas líquidas superpuestas) deben existir además de las simples moléculas, algunos agregados moleculares

de gran complejidad. Esta fue mi primera evidencia sobre la experiencia de que a los líquidos debe asignárseles una estructura definida.

La certidumbre Físico-Química que corrobora el anterior punto de vista es la siguiente: (Figura 1)

Las curvas del punto de congelación de los dos sistemas componentes que muestran separación en dos capas líquidas, son del tipo mostrado en la figura 1. La temperatura de congelación del componente A, llamada F, se hace descender por adición del componente B hasta alcanzar el punto a. En este punto aparece la segunda capa; hasta ese punto la solución era homogénea, pero, empezando en a, contiene dos capas de modo que al agitar se forma una emulsión. Por adición posterior de B la temperatura de congelación permanece constante hasta alcanzar el punto b. En el intervalo comprendido entre a y b sólo cambia el volumen relativo de las dos capas y en b sólo se presenta la segunda capa. Al hacer una nueva adición de B, la temperatura de congelación desciende hasta E— el punto Eutéctico. En todos estos experimentos, antes de alcanzar el punto E, se separó el componente A en la forma de hielo. En el punto E justamente, se forman dos sólidos que coexisten como entidades separadas. Entre E y F_1 (siendo el último punto la temperatura de congelación del componente B) se separa como hielo la sustancia B. Por lo tanto estamos justificados para decir que al lado izquierdo de E, donde se separa como un sólido la misma sustancia pura A, todas las soluciones son, **soluciones en el solvente A**. Ahora bien, todas las del lado derecho de E, son soluciones en el solvente B, puesto que B se separa como sólido. El hecho de que las soluciones en los puntos a y b, situados del mismo lado del punto eutéctico, sean soluciones en el mismo solvente, es muy importante para la Teoría. Estas dos concentraciones, que forman dos capas líquidas superpuestas y en equilibrio entre sí, tienen las siguientes características:

- 1) Congelan a la misma temperatura.
- 2) Hierven a la misma temperatura.
- 3) Tienen la misma presión de vapor.
- 4) Son isosmóticas, es decir poseen igual presión osmótica.

Estas cuatro propiedades son las llamadas Propiedades Coligativas, es decir las que dependen del número de partículas en solución y no de su naturaleza. Lo anterior explica bien por qué las dos soluciones que forman un par de capas no se mezclan. Si ellas son isosmóticas y las leyes de la Teoría Cinética actúan, no podría esperarse otro resultado. Así la condición deducida matemáticamente al principio, es decir que $n_1 = n_2$, recibe una amplia confirmación por la evidencia físico-química. Parece siempre poco real cuando se considera a primera vista, como justamente me ocurrió, pero ahora puedo ver que es una ley importante de la naturaleza.

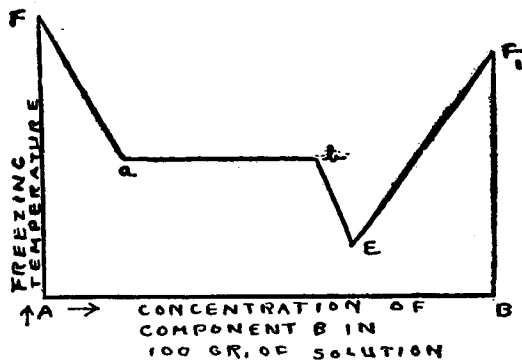


FIGURA No. 1

Tales condiciones tienen que deberse a la formación de algunos agregados de alta complejidad, diferentes a los compuestos químicos ordinarios en que no pueden aislarse; pueden existir sólo en las condiciones del equilibrio. Este equilibrio no se alcanza necesariamente en el instante siguiente al establecimiento de una temperatura dada. El equilibrio térmico requiere de 20 a 30 minutos, al paso que el equilibrio en conformidad con la ley de Antonoff requiere días, semanas y aun meses. Las propiedades de ambas fases dependen de su historia previa. Si el sistema ha sido sometido a temperaturas mayores o menores que las del "termóstato", las propiedades fluctuarán hasta alcanzar el equilibrio. Las densidades pueden medirse fácilmente hasta la sexta cifra decimal. En estos experimentos las fluctuaciones se mostraban usualmente, hasta la tercera cifra decimal. Los resulta-

dos obtenidos no son necesariamente reproducibles, hasta alcanzar un estado de equilibrio, cuando las densidades adquieren valores definidos, al menos dentro de tres espacios decimales. Con un control de la temperatura de $\pm .005^\circ \text{C}$, las fluctuaciones en la tercera y cuarta cifra persisten aparentemente, pero no ha sido posible establecer si serán eliminadas mediante un control más perfecto.

El grado de complejidad, como es obvio, disminuye con la temperatura (aunque el inverso es posible en sistemas que se separan en dos capas por elevación de la temperatura).

Las propiedades físicas como función de la temperatura presentan discontinuidades en ciertos intervalos.

La reunión de todos los hechos anteriores, permite admirablemente acercarnos a la formulación de una teoría general para los líquidos.

TEORIA DE LOS LIQUIDOS

La dificultad en el estudio de los líquidos se debe principalmente al hecho de que no poseemos métodos para determinar el peso molecular de una sustancia en el estado líquido.

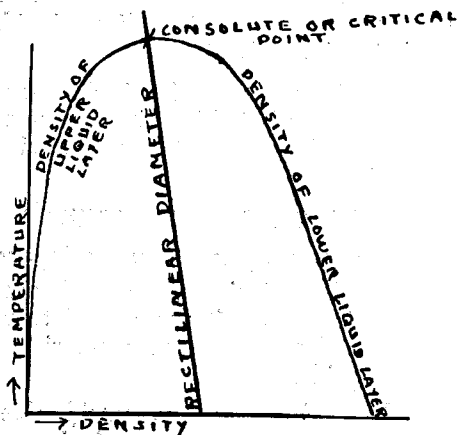
Puede arrojarse una luz considerable sobre la naturaleza del estado líquido, comparando los fenómenos críticos en sistemas líquido-líquido, con sistemas líquido-vapor. La diferencia entre ellos es ésta:

Cuando una solución es enfriada por debajo de su punto crítico, tiene lugar la condensación de una sustancia dentro de un solvente resultando esto en la formación de dos capas líquidas o sistema líquido-líquido. Cuando una sustancia individual en el estado gaseoso se condensa, la separación de una sustancia individual en dos fases o sistema líquido-vapor tiene lugar en un espacio no ocupado, o sea en el vacío. (Figuras 1 y 2).

La analogía entre los dos fenómenos es impresionante: ambos se separan en dos fases de igual volumen; el menisco de separación es plano; no hay elevación capilar en la inmediata vecindad del punto crítico o varios grados por debajo de él; ambos sistemas siguen la ley del diámetro

rectilíneo de Mathias Cailletet (fig. 2); las propiedades físicas como funciones de la temperatura muestran discontinuidades. Todo esto muestra que ambos sistemas están sometidos exactamente a las mismas leyes. La ventaja de los sistemas líquido-líquido estriba en la completa posibilidad de la investigación de relaciones de tensión superficial, al paso que en los sistemas líquido-vapor carecemos de métodos, pues no podemos medir la tensión superficial de un vapor. Pero, las condiciones en la región crítica que acabamos de resumir, indican que allí la ley de Antonoff L. A., en su forma especial

$$\gamma_{12} = \gamma_1 - \gamma_2 = 0 \quad \text{es válida.}$$



FIGURA

Hay por consiguiente razones para creer que ella debe ser también válida para todas las temperaturas, porque los equilibrios entre líquido y vapor pueden entenderse solamente si ella es válida, con todas sus consecuencias. Así, pues, puede suponerse que $n_1 = n_2$. Este concepto se conforma a los hechos observados por debajo del punto crítico. Hay una temperatura por debajo de éste, donde la densidad del líquido d_l es doble de la densidad del vapor d_v .

$$\frac{d_l}{d_v} = 2$$

Suponiendo que el líquido consta de moléculas dobles, no es difícil imaginar que las leyes de los gases actúan, y el número de moléculas en las dos fases será el mismo. La evidencia parece indicar que la ley

de las proporciones múltiples es válida, así:

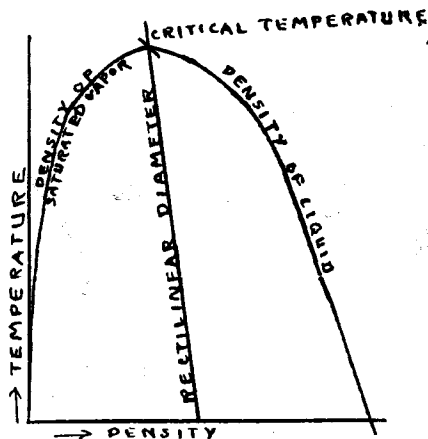
$$A + A = A_2$$

y entonces se sigue un "retorcimiento" en la curva de la densidad y empiezan otros cambios (los coeficientes no son definidos debido a la inexactitud de los datos experimentales).

$$2A_2 = A_4$$

Después de cada "retorcimiento", seguirán otras transformaciones con coeficientes cada vez crecientes. La relación $\frac{d_l}{d_v}$ es una

medida del grado de complejidad de las moléculas, mientras las partículas sean pequeñas en comparación con el volumen total ocupado.



No. 2

Con agregados superiores puede suceder que esta relación no sea por más tiempo una indicación del grado de asociación de las moléculas líquidas. En el caso líquido-vapor, no podemos tener la ventaja de las propiedades coligativas como nos ocurrió al considerar sistemas líquido-líquido. Pero la más cercana analogía a ellas es el hecho de que el líquido y el vapor ejercen la misma presión entre ellos cuando están en equilibrio. El equilibrio puede imaginarse así: un agregado deja el líquido; se desintegra en moléculas simples en la fase gaseosa y aumenta la presión de vapor. El aumento de presión hace que las moléculas regresen al líquido donde participan en la formación de nuevos agregados.

Fluctuaciones en las propiedades de las soluciones acuosas pueden observarse en el tercero y subsecuentes espacios decimales.

y son suficientemente grandes como para ser descubiertos experimentalmente. Por ejemplo en un Picnómetro de 25 cc. se puede detectar un cambio de masa de 5 mg. o algo semejante, si el volumen es llevado hasta esa graduación. Experimentación prolongada en un termóstato no ha producido estabilización bajo las condiciones hasta ahora obtenibles. Dependiendo de la historia previa, pudieron encontrarse diferencias en las propiedades, en la quinta y siguientes cifras decimales. Lo mismo fue cierto para el alcohol etílico. Los alcoholes de peso molecular superior, tales como el isoamílico, mostraron fluctuaciones en la tercera y ocasionalmente en la segunda plaza decimal.

Las fluctuaciones son diarias, cambiando de día en día, de manera que hay que tener un gran cuidado al hablar de "constantes de los líquidos".

La evidencia anterior puede suplementarse con la obtenida mediante los rayos X: "...las partículas individuales de los líquidos, a diferencia de las de los gases perfectos, no toman al azar cualquier posición y orientación en el espacio, sino que su distribución natural se asemeja en mucho a la del estado cristalino. En este sentido podemos pensar de un líquido, como de un agregado de cantidades de cristales sumamente pequeños en los cuales cada individuo no muestra exactamente la posición característica para él en el cristal, sino que ocupa una serie de posiciones temporales. Cada uno de estos pequeños cristales (que pueden consistir de 10 a 100 átomos cada uno) son de vida muy corta; se desintegran continuamente y recristalizan, de modo que una partícula dada pertenece por un instante a uno de estos pequeños agregados, en seguida a ninguno, luego a otro que se ha formado entre tanto, etc.... (H. F. Mark).

El concepto citado es bueno en todos los aspectos, menos en uno: no permite la formación de agregados de suficiente tamaño como lo exigen otras evidencias. Aquí podemos invocar la hipótesis hecha por W. H. Bragg para el estado sólido; éste supuesto la existencia de una estructura secundaria, no revelada por los rayos X; muchas propiedades no pueden explicarse a menos que haya el fenómeno de asociación en el estado sólido.

Pero otra corroboración de la presente teoría se encuentra en el reciente trabajo de Max Born. que se puede resumir en esta forma.

"Se ha encontrado que las leyes del Cuan-to que gobiernan el comportamiento de la materia sólida son idénticas con las leyes clásicas, pero la interpretación atomística de las cantidades que aparecen en las ecuaciones muestran enormes desviaciones con el comportamiento clásico de los líquidos". Así la evidencia general por todos los métodos, indica que los líquidos tienen una estructura.



REFERENCIAS:

1. G. Antonoff, *Phil. Mag.*, 36, 377, (1918); 38, 417 (1919)
2. G. Antonoff *J. Phys. Chem.*, 36, 2413, (1932)
3. G. Antonoff, *Arch. Bioch.*, 6, 199, (1945)
4. G. Antonoff, *Z. Phys. Chem.*, 112, 461, (1924).
5. H. F. Mark, *Physical Chemistry of High Polymeric Systems*, Interscience Publishers, Inc., 1940, N. Y., p. 178.
6. Max Born and others, *Nature (London)* 159, 738-9, May 31, 1947.

Sistemas de Alimentación de Productos Químicos para el tratamiento del Agua

Por Robert T. Sheen
Director Asociado, División de Consulta
W. H. and L. D. Betz Co.

En la mayoría de las refinерías de petróleo y plantas de gasolina se emplean sistemas de alimentación de productos químicos para tratar el agua de alimentación de las calderas. Frecuentemente se requiere tratamiento externo para remover la turbidez y materia en suspensión o para la eliminación o reducción de la crudeza por suavización.

El exceso de acidez o alcalinidad puede regularse externamente por tratamiento químico.

conductos de alimentación y calderas son generalmente de dos tipos: Uno es para la introducción de sulfito sódico en el agua de alimentación de caldera después del calentador de tipo abierto o desaerador. El segundo tipo es para otros productos químicos tales como fosfatos, ceniza caústica o sódica, que deberán introducirse directamente en el tambor de la caldera y no a través de los conductos de alimentación de agua.

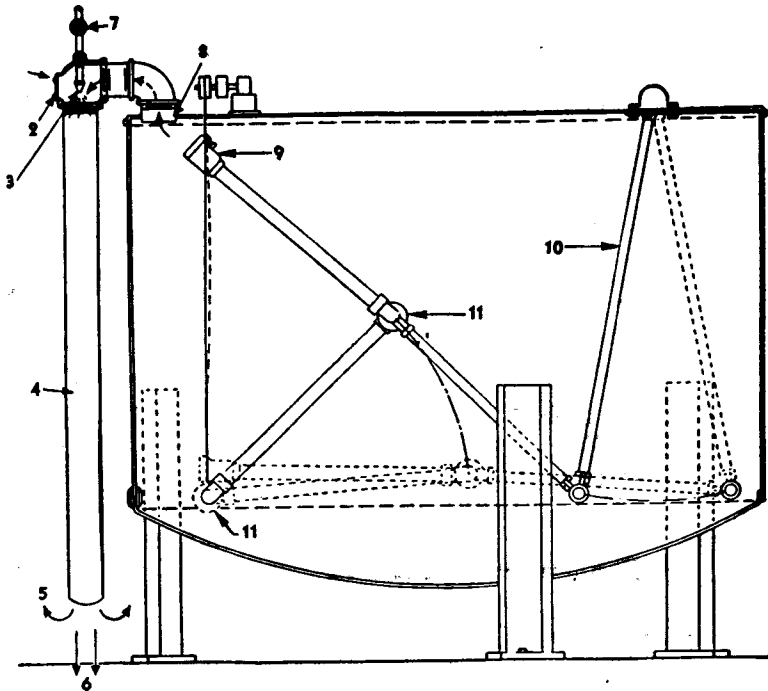


Fig. 1. Vista de un alimentador de decantación. 1. Evacuador de Polvo. 2. Agujero de Inspección. 3. Boquilla de Pulverización. 4. Descarga. 5. Aire. 6. Al Desaguadero. 7. Válvula de Entrada de Agua. 8. Tubo Respiradero de Entrada. 9. Altura de Salida. 10. Tensor. 11. Unión Oscilante.

co.. Aun en aquellas plantas donde no se aplica tratamiento externo alguno, generalmente se requiere el tratamiento del agua para la protección de los conductos de alimentación y calderas.

Los sistemas de alimentación de productos químicos para el tratamiento del agua en los

En las refinерías de petróleo se usan considerables cantidades de agua en los sistemas de agua de enfriamiento. Tales sistemas requieren frecuentemente tratamiento con productos químicos para evitar la formación de costras, la corrosión, o el desarrollo de organismos biológicos tales como limo o algas.

Procedimientos Continuos Vs. Intermitentes

Varios años atrás cuando por primera vez se reconoció la importancia del tratamiento del agua, los primeros sistemas de tratamiento empleados funcionaban por procesos intermitentes; o sea, llenando un tanque con el agua por tratarse, agregando las substancias químicas necesarias, agitándolo un poco y permitiendo que se sedimentara, pasando entonces el agua a través de filtros antes de usarla.

No obstante, con la implicación del procedimiento continuo, surgió la necesidad de métodos para el control de los resultados. De hecho, el éxito del tratamiento continuo depende hasta cierto grado de la precisión que es posible obtener en el control en el plan de tratamiento continuo. Generalmente hay

des cantidades de substancias químicas, aunque pueden operar satisfactoriamente con ciertos productos químicos tales como alumbre, ceniza sódica y cal a proporciones tan bajas como 20 libras por hora o menos. Por lo general se le da preferencia a los alimentadores de soluciones por sus promedios de alimentación más bajos; por ejemplo, el sulfato férrico y cloruro férrico pueden manipularse mejor en alimentadores de soluciones en casi cualquier cantidad.

Alimentadores en Seco

Los alimentadores en seco son por regla general de dos tipos: volumétricos y gravimétricos.

Los alimentadores volumétricos miden los productos químicos por volumen. Cualquier

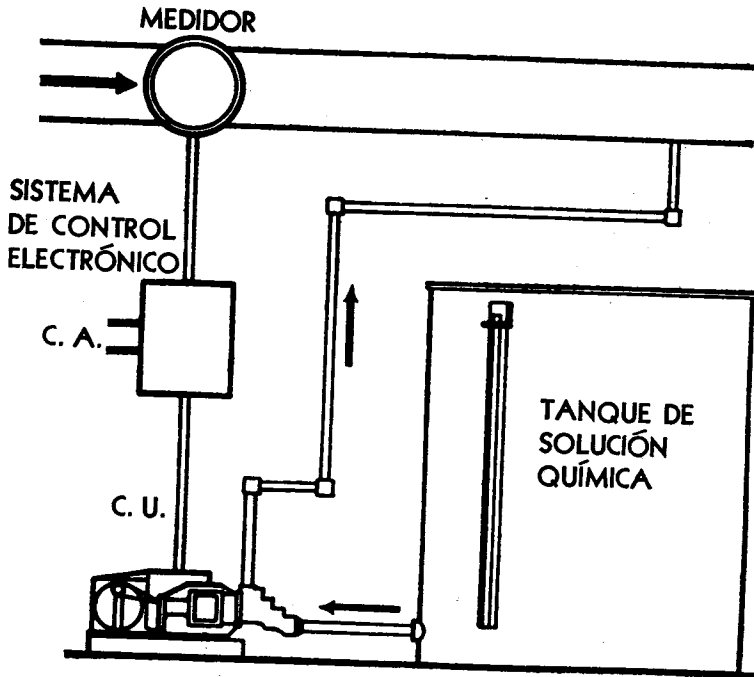


Fig. 2. Sistema de alimentación proporcional.

dos factores variables que regulan la alimentación de substancias químicas en sistemas de tratamiento continuo; a saber, el régimen de flujo y el valor p.H. El primero es el más común y, por consiguiente, el factor variable más importante que debe considerarse.

Métodos de Alimentación de Productos Químicos

Los alimentadores de productos químicos pueden clasificarse de acuerdo con la forma en que manipulan el producto—o sea, bien en forma seca de sólido por alimentadores en seco o en forma de líquido por alimentadores en húmedo.

Se usan alimentadores en seco en aquellos casos donde se manipulan diariamente gran-

método volumétrico para la alimentación de productos químicos sólo puede ser tan uniforme como la uniformidad en peso o consistencia del propio producto químico. Si la densidad del producto químico está sujeta a cualquier variación preceptible en el número de libras del producto químico al pie cúbico, se observará entonces esta misma variación en el régimen de alimentación del producto químico desde este tipo de alimentador. Algunos productos químicos tienen la tendencia a formar arcos o suspenderse en la tolva de alimentación y requieren dispositivos que produzcan una agitación o vibración positiva en la tolva. Donde se emplean dispositivos de esta naturaleza, es imperioso tener sumo cuidado para evitar la compresión de los productos

químicos, que a su vez conducirá a una variación en el régimen de alimentación existente.

El segundo tipo de alimentador en seco empleado corrientemente es el alimentador gravimétrico. En una unidad de esta naturaleza el producto químico es alimentado por peso, y al paso que un alimentador de tipo volumétrico puede mostrar una variación tan alta como más o menos 5 por ciento en el régimen de alimentación a causa de una variación en consistencia, el alimentador gravimétrico muy raras veces arrojará una variación mayor de más o menos 1 ó 2 por ciento. En el alimentador gravimétrico el producto químico es alimentado a un transportador de correa y la compuerta que admite el producto químico al transportador es regulada por el peso total del conjunto de correa más el producto químico, para mantener un peso constante. El régimen de alimentación puede variarse a través de la velocidad del transportador de correa.

Los alimentadores gravimétricos son considerablemente más costosos que los alimentadores volumétricos y su uso se justifica solamente en las plantas de tratamiento de agua más grandes donde el aumento en la precisión o constancia de la dosificación química se convierte en un factor de magna importancia.

Alimentadores en Húmedo

Prácticamente todos los alimentadores del tipo de solución están basados en el principio de introducir cierta y determinada cantidad de una substancia química en cierta y determinada cantidad de agua, de modo que se prepara una solución química de cierta y determinada concentración.

La solución química puede bombearse directamente desde el tanque de la solución hasta el punto de aplicación en volumen graduado por bombas de volumen regulado.

La forma más sencilla de un alimentador de solución por gravedad es un alimentador de decantación, ilustrado en la Fig. 1. Existen varias modificaciones de este diseño general, pero todas funcionan a través de un descenso en el nivel del líquido en el tanque de solución por derrame dentro de un tubo giratorio colocado dentro del tanque o dentro de una manga de derrame con un dispositivo descendente colocado en la parte exterior del tanque. Con un diámetro constante en el tanque y una solución de resistencia conocida, el nivel en el tanque puede bajarse a un régimen regulado, operado por un motor pequeño u otro dispositivo eléctrico. La velocidad de descenso puede ser bien constante o a un régimen operado para alimentación proporcional del producto químico al flujo de agua al sistema.

Otro tipo de alimentador de solución emplea el principio de mantener un nivel líquido a una altura constante sobre un orificio. En un dispositivo de tal índole, el flujo de la solución química desde el tanque de almacenamiento es regulado por flotadores hasta una caja de nivel constante y en el fondo de la caja se ha dispuesto un orificio en V u

otro tipo de orificio donde el grado de abertura puede graduarse.

Este tipo de alimentación líquida no debe usarse en aquellos casos donde hay en suspensión materiales sin disolver o donde existe la posibilidad de que haya suciedad presente en la solución química, que pueda tender a cubrir o tapar el orificio.

Se encuentran disponibles en el mercado varios tipos de alimentadores de líquido por desplazamiento. Un alimentador de este tipo es el llamado alimentador de "pote", en el cual se coloca una cantidad del producto químico sólido en el pote, en forma de terrón, y se introduce una corriente de aire en el fondo del alimentador y se toma una solución del alimento químico desde la parte superior del alimentador hasta el punto de aplicación.

Ciertos productos químicos tales como cal, carbón activado y yeso deben alimentarse en forma de mezcla y aguada, bien debido a su limitada solubilidad o como en el caso del carbón activado, al hecho de que el producto químico no se disuelve en agua. Para poder obtener la alimentación correcta de este producto químico es necesario mantener una suspensión o concentración del producto químico uniforme en la mezcla aguada.

En las plantas de depuración de agua más grandes pueden obtenerse ciertos ahorros en el tratamiento a través del uso de cal viva (CaO) y apagando la cal en el momento de usarla para tratamiento en la planta. La cal puede apagarse por un procedimiento intermitente y alimentarse desde alimentadores de tipo de decantación. Alimentadores gravimétricos pueden introducir la piedra o cal viva directamente a un apagador, apagando la llama continuamente y conduciendo el efluente desde la unidad hasta el proceso de tratamiento.

En aquellos casos donde ha de introducirse una solución química o pasta aguada en un conducto de agua bajo presión o dentro de un tanque bajo presión, generalmente se usan bombas de productos químicos de volumen graduado. Estas bombas actúan para medir exactamente, por desplazamiento volumétrico en la cámara de la bomba, con cada carrera de ésta, los productos químicos que han de introducirse en el sistema y descargar esos productos químicos en un volumen regulado que no varía con cambios en la presión de descarga. El efecto neto es, por consiguiente, medir la solución química en el mismo momento de bombearla.

Para medir el producto químico con precisión, la bomba debe diseñarse en forma adecuada para manipular substancias químicas para tratamiento del agua. Los materiales de construcción empleados en alimentadores de productos químicos, líneas de tubería y aditamentos con los cuales se pone en contacto la solución química antes de introducirse, y diluirse en el agua, son de primordial importancia para garantizar el debido funcionamiento y la larga duración de los equipos. Estos materiales deben seleccionarse por su resistencia a los productos químicos en cuestión.

Sistemas de Alimentación Proporcional

Los sistemas de tratamiento con productos químicos pueden diseñarse para tratamiento constante, esto es, para que los alimentadores funcionen a un régimen constante, alimentando los productos químicos en la cantidad o concentración requerida en cierta unidad de tiempo. Esta es la forma más sencilla de alimentador de sustancias químicas. En aquellos casos donde el agua se prepara en un pozo o depósito grande, puede diseñarse un sistema de tratamiento a un régimen constante, con alimentadores funcionando a regímenes conocidos para producir un flujo de agua constante y conocido que puede interrumpirse e iniciarse de nuevo entre ciertos niveles en el depósito. Para un sistema de este tipo generalmente se requiere un período de almacenamiento de por lo menos 4 a 6 horas.

de flujo representa la cantidad del producto químico agregada para el tratamiento del agua, la curva de flujo del producto químico siendo exactamente paralela a la curva que indica el flujo de agua.

La aplicación de este principio a la alimentación de sustancias químicas para el tratamiento de agua representa un adelanto en esta ciencia y es una aplicación práctica y directa de electrónica. Para el sistema se usa la corriente alterna de la planta, y se convierte a corriente unidireccional en el circuito electrónico. El motor de la bomba o alimentador es un motor de corriente unidireccional. En el contador de agua está montado un potenciómetro para regular la velocidad del motor y la velocidad del potenciómetro se cambia inmediatamente con cualquier cambio en el régimen de flujo del agua. La velocidad del motor es constante para una determinada graduación del potenciómetro, no importa cual

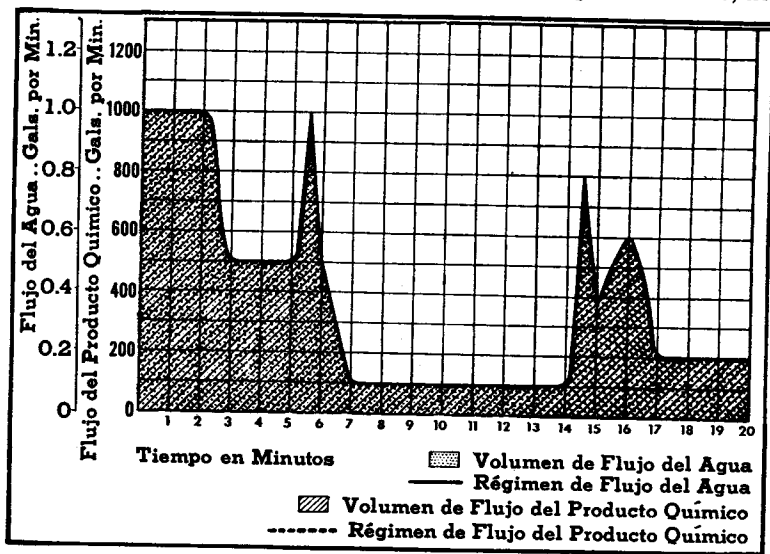


Fig. 3. Diagrama de operación.

La alimentación proporcional de sustancias químicas es deseable donde existe una variación en el flujo de modo que el régimen de alimentación química sea alterado para convenir con el régimen de flujo, para que cada unidad de agua que pasa por el sistema reciba el mismo tratamiento químico.

Las figuras 2 y 3 muestran un nuevo adelanto que elimina las desventajas de otros sistemas de dosificar un producto químico al agua que fluye en una tubería, y es una aplicación práctica de control electrónico. La Fig. 2 ilustra el sistema y la Fig. 3 muestra el diagrama de operación.

La bomba o alimentador de productos químicos funciona continuamente, pero con una velocidad motriz directamente proporcional al flujo de agua que se está tratando en el conducto. En esta forma cada porción del flujo es tratada con una cantidad proporcionada de producto químico, y el área bajo la curva

sea la carga en el motor, y cualquier compensación por variación en la carga es automática en el circuito electrónico. Este sistema de operar el motor puede usarse en bombas de productos químicos de volumen graduado, alimentadores de decantación o alimentadores en seco.

Alimentación de Productos Químicos a las Calderas

Sistema de alimentación de sulfito sódico en la Fig. 4 se ha ilustrado un sistema de alimentación de sustancias químicas completo para el tratamiento interno del agua de alimentación de la caldera. El sulfito sódico debe limentarse continuamente al agua de alimentación de la caldera después del calentador cubierto o desaerador, para que reaccione con ella y remueva cualquier oxígeno disuelto residual que no haya sido removido por el calentador. Debe alimentarse en can-

tidades suficientes para que esté presente en todo momento, en exceso del requerido para esa reacción. El agua de la caldera puede probarse para descubrir el sulfito excedente, la presencia de éste en suficientes concentraciones es evidencia de que la alimentación de sulfito sódico al agua de alimentación de las calderas fue satisfactoria.

Si no se alimenta el sulfito continuamente, el oxígeno en el agua sin tratar, introducida en la caldera puede actuar para correr la bomba de agua de alimentación, corocer y picar

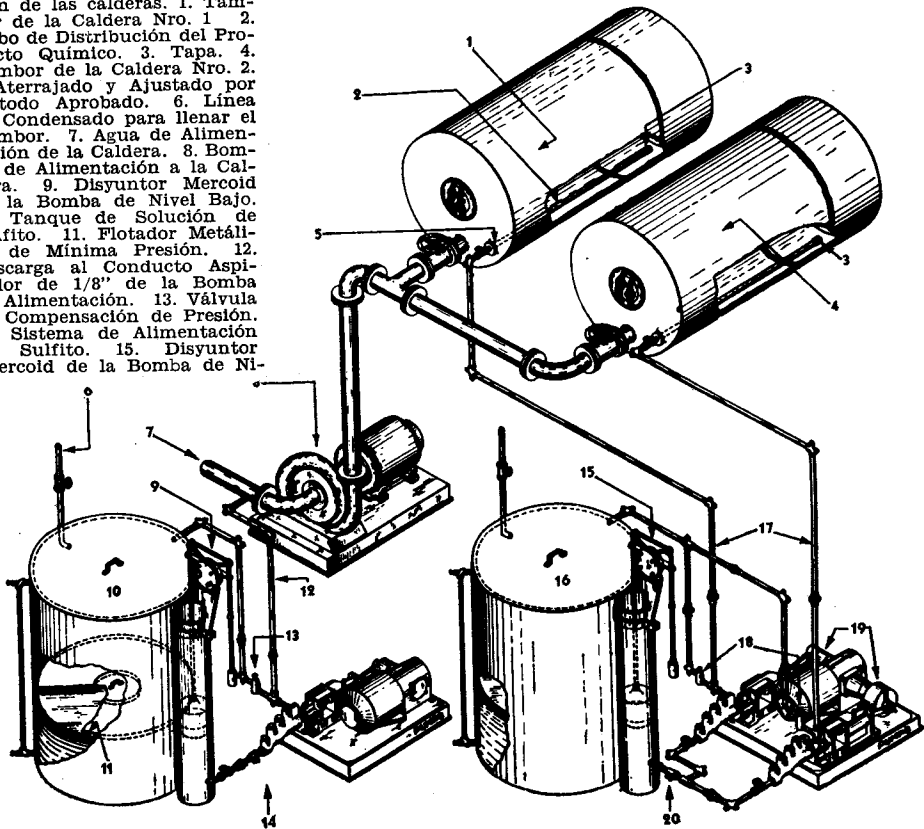
pacio de almacenamiento del calentador de agua.

Normalmente se requieren 10 libras de sulfito sódico por cada libra de oxígeno disuelto en el agua de alimentación de la caldera. Muy raras veces habrá más de 0.1 a 0.31 pm. de oxígeno disuelto en el agua de alimentación de la caldera, de aquí que muy raras veces se requieran más de 3 lbs. de sulfito sódico por un millón de libras de agua de alimentación de la caldera. Este debe alimentarse generalmente en concentraciones que no exceden

Fig. 4. Diagrama en perspectiva de un sistema de alimentación de productos químicos para tratamiento interno del agua de alimentación de las calderas. 1. Tambor de la Caldera Nro. 1. 2. Tubo de Distribución del Producto Químico. 3. Tapa. 4. Tambor de la Caldera Nro. 2. 5. Aterrajado y Ajustado por Método Aprobado. 6. Línea de Condensado para llenar el Tambor. 7. Agua de Alimentación de la Caldera. 8. Bomba de Alimentación a la Caldera. 9. Disyuntor Mercoid de la Bomba de Nivel Bajo. 10. Tanque de Solución de Sulfito. 11. Flotador Metálico de Mínima Presión. 12. Descarga al Conducto Aspirador de 1/8" de la Bomba de Alimentación. 13. Válvula de Compensación de Presión. 14. Sistema de Alimentación de Sulfito. 15. Disyuntor Mercoid de la Bomba de Ni-

vel Bajo. 16. Tanque de Solución Química. 17. Tubo de 1/8". 18. Válvulas Compensadoras de Presión. 19. Carraera Ajustable Independien-

te. 20. Sistema de Tratamiento Interno con Alimentación del Producto Químico Continua e Independiente para cada Caldera.



los economizadores o evaporadores instantáneamente en la caldera antes de que tenga una oportunidad de reaccionar con el sulfito sódico que pueda haberse alimentado anteriormente por cargas a la caldera. Por consiguiente, la alimentación de sulfito debe ser continua para que resulte efectiva. La reacción del sulfito sódico con oxígeno para formar sulfato sódico toma algún tiempo. Es, por lo tanto, importante que sea alimentado a un punto cerca del calentador del agua de alimentación, lo más atrás posible de la bomba de alimentación a la caldera, o aún al es-

de 5 por ciento, aunque en este material químico en particular una concentración de 10 por ciento resulta práctica. Una bomba de volumen regulado es la más adecuada para la alimentación de sulfito sódico, para asegurar la continuidad que se requiere en la alimentación; generalmente una capacidad de 3 gph en una bomba de esta clase manipulará una solución de sulfito suficiente para prácticamente cualquier sistema de agua de alimentación, aunque esto debe comprobarse en cada sistema individual.

Como el propósito del sulfito sódico es re-

accionar con el oxígeno disuelto, la solución en el tanque debe protegerse hasta donde sea posible, del contacto con aire. Esto puede efectuarse equipando el tanque de la solución con un flotador, reduciendo a un mínimo el contacto con aire. Generalmente puede suplirse un sistema completo de alimentación de sulfito sódico incluyendo la bomba de volumen graduado, el tanque de solución y los accesorios a un costo entre \$ 250 y \$ 300. La pequeña cantidad de sulfito sódico que se requiere para protección contra la corrosión causada por el oxígeno disuelto bien merece el bjo costo envuelto.

Sistema de Tratamiento Interno

Las sustancias químicas de tratamiento interno se agregan para precipitar las sales de cloruro y magnesio, para regular la alcalinidad y para crear condiciones que evitarán corrosión y el efecto quebradizo en las calderas. Tales sustancias químicas deberán introducirse directamente en el tambor de cada caldera y no a través del conducto de alimentación de éstas. Cuando se alimentan por el conductor de alimentación de las calderas pueden intervenir con el funcionamiento de los reguladores de nivel medidores, etc. Pueden formarse depósitos que en verdad obstruirían los conductos para el agua de alimentación de la caldera. La alimentación directa al tambor de la caldera introduce las sustancias químicas en un punto donde se desea la reacción; a saber, en las propias calderas.

Las bombas de volumen graduado se adaptan idealmente para este servicio, con una cámara de la bomba alimentando cada tambor de las calderas, según ilustrado en la Fig. 4. Esto permite el absoluto control de la cantidad de producto químico alimentada a cada caldera individual y el volumen ajustado puede cambiarse fácilmente ajustando la capacidad en la bomba.

Las bombas Milton Roy de volumen regulado han sido diseñadas especialmente para agregar sulfito sódico continuamente a los conductos de alimentación de las calderas, y la bomba Milton Roy de alta presión, para alimentar fosfato individualmente al tambor de cada caldera.

No es posible tomar la descarga de una

sola bomba y cebarla a un tubo de distribución a diferentes calderas satisfactoriamente, pues el volumen del producto químico que ha de bombearse es bastante pequeño, generalmente de 3 a 10 galones por hora. El tratar de dividir correctamente este pequeño flujo puede dar fácilmente lugar a la obstrucción de una válvula en este conducto del producto químico, dando origen a que la bomba del producto químico haga retroceder la solución por la válvula de descarga hasta el tanque de alimentación.

Si la solución química ha sido preparada con condensado en el tanque, es posible hacer funcionar la bomba continuamente, sin peligro de tapar el conducto de alimentación de la solución química o de hacer necesario el lavado del conducto con condensado. A veces se hace provisión para el lavado de la bomba de volumen graduado con condensado después de cada inyección de fosfato, con la inyección de fosfato en un ciclo a base de tiempo, pero esto no es necesario en la mayoría de los casos.

Observaciones sobre el Tratamiento Interno

Los fosfatos, ceniza sódica, cáustica, materias orgánicas u otras sustancias químicas de tratamiento que pueden aplicarse para tratamiento interno pueden alimentarse a través de un sistema como éste. La alimentación dosificada se hace posible bien por operación regulada desde contactos o un medidor, o por operación con control electrónico. A medida que el agua es retenida en la caldera en forma concentrada, el retardo entre periodos de alimentación no es tan importante como cuando un conducto recibe tratamiento continuamente. No obstante, el control electrónico arrojará resultados mucho más satisfactorios con la alimentación de sulfito sódico donde se desea la alimentación proporcional de sulfito sódico al agua de alimentación de la caldera. El costo de un sistema de alimentación de fosfato de tipo sencillo fluctuará entre \$ 150 y \$ 400 por caldera, dependiendo del tamaño de la bomba, los materiales empleados en su construcción, su capacidad, etc.

Tomado de "Petróleo del Mundo"
Junio de 1947.

Mr. Campbell Habla para Ingeniería Química

Nuestra planta de soda y sus perspectivas. La inversión de capital americano en el País. La Escuela y sus programas.

En días pasados estuvo en Medellín el señor Alan Campbell, técnico de la fábrica de productos derivados del cloruro de sodio que está montando el Instituto de Fomento Industrial con la colaboración de la firma norteamericana H. K. Fergusson, en Betania, Cundinamarca. Uno de los fines principales del viaje del señor Campbell a esta ciudad, fue el de dar a conocer a la nación colombiana la importancia de esta obra, que sin lugar a dudas, será el paso más decisivo hacia la verdadera industrialización de nuestro país, ya que en ella se emplearán un 100% de materias primas nacionales, extraídas de las casi inagotables reservas que poseemos en Zipa-

de permanencia en la ciudad. Por vía informativa haremos un resumen de la vida científica de Mr. Campbell quien se ha dedicado a los problemas relacionados con la industria de la Soda y sus derivados. El señor Campbell se graduó en 1905 en la Universidad de Michigan (Ann Arbor) como ingeniero mecánico y tres días después entró como técnico ingeniero a la planta de la Solvay Process Company, permaneciendo por espacio de 21 años, pasando luego a la Alkali Company donde trabajó por 10 años; permaneció luego un año con la Consolidated Engineering y desde 1938 hace parte de la H. K. Fergusson Co.

Pasemos ahora a los tópicos principales



Mr. Campbell acompañado por A. Velásquez Arana, director de "Ingeniería Química" y Alberto Bernal, redactor de la misma, durante la entrevista que nos concedió en el bar del Hotel Nutibara, durante su permanencia en esta ciudad.

quirá, y se producirán elementos indispensables para multitud de industrias como son los textiles, refinación de petróleos, vidrios y jabones, etc. Con el objeto de dar a nuestros lectores una información de la interesante labor de Mr. Campbell, solicitamos a éste una entrevista que gustosamente nos fue concedida el viernes 30 de julio, a pesar de la gran cantidad de compromisos que tenía para ese su último día

de nuestra conversación con el ilustre ingeniero.

—¿Qué podría decirnos, Mr. Campbell, acerca del origen y futuro de la Planta que están montando en Betania?

—En 1942 vine por primera vez a Colombia por cuenta de mi compañía, e hice prospectos para la construcción de una planta con una capacidad diaria de 32 toneladas de Soda Ash (Na_2CO_3), pero pos-

teriormente en mis viajes anuales, nos convencimos de que ese proyecto inicial era insuficiente para las crecientes necesidades industriales del país y así nació la nueva fábrica que tiene un presupuesto de 25 millones de pesos o sea la casi totalidad del valor del montaje, así que para dentro de poco estará la fábrica produciendo 100 toneladas diarias de Soda Ash (tres veces la cantidad del primer proyecto), además de otros productos como Dense Soda para la industria de vidrio, soda cáustica electrolítica, coke, gas para las necesidades de la fábrica, cloruro de calcio, etc. La planta ocupará 400 obreros que trabajarán en tres turnos de ocho horas, es decir las 24 horas del día funcionarán nuestros equipos, pero hay que anotar que poseemos un buen número de maquinarias, que a no ser por ellas, habría que emplear 900 obreros. Respecto a la distribución del capital, les puedo decir que el 48% de él pertenece a la H. K. Fergusson y el 52% restante al gobierno colombiano; la dirección técnica estará a cargo de nuestra compañía y el gobierno se ocupará de la parte legal pues la empresa queda al amparo de las leyes colombianas. La situación geográfica de la fábrica es magnífica, pues estamos al pie de las salinas de Zipaquirá, con grandes facilidades para conseguir combustible de las minas de San Jorge y disponemos también de energía hidroeléctrica para la planta actual y para los ensanches que se han contemplado. Como pueden ver, el futuro comercial de la empresa es muy brillante.

—¿Cuál es su opinión sobre las posibilidades actuales de la inversión de capitales norteamericanos en la América Latina?

—Esa pregunta no la contestaré en términos generales, sino que les hablaré de las condiciones particulares de varios países: respecto a México, deben saber que los norteamericanos están temerosos de invertir su capital allí, debido a la expropiación de los petróleos que hizo el gobierno mexicano hace algunos años y ese hecho podría repetirse, lo cual no es nada alentador; en Venezuela se ha presentado un problema, porque el gobierno impone tributos exagerados a los capitales extranjeros, de modo que en esa forma las ganancias de las compañías se ven recortadas en forma tal, que ya no parece nego-

cio pensar en hacer inversiones en ese país. Como la política Argentina no nos merece entera confianza, tenemos que las mejores posibilidades económicas nos quedan en Chile acerca del cual tenemos un concepto muy bueno, y en Colombia; en este país particularmente, mi compañía tiene una fe muy sincera y creemos que vamos a entendernos muy bien, así que en el futuro se podrán continuar negocios de gran alcance, muy favorables para ambas partes.

—¿Usted tuvo ocasión, Mr. Campbell, de conocer nuestra Escuela; qué concepto se formó de ella y cuál es su opinión sobre nuestros profesionales en el desarrollo del país?

—Efectivamente, estuve dos horas en su Escuela en compañía del doctor Pérez Medina y conocí el Péñsum de estudios que actualmente se está desarrollando. Creo que los laboratorios son buenos y adecuados a sus necesidades actuales, la Biblioteca de consulta es muy completa y hay en ella obras de mucho interés científico y el edificio es muy amplio y cómodo. El programa de estudios es sumamente completo; tienen ustedes un Curso de cinco años que los capacita para tener una preparación casi igual a la de un Master of Science norteamericano; yo les digo francamente, que si llegan a dominar aunque sea la mitad de sus asignaturas, podrán considerarse muy buenos ingenieros. Respecto a la Ingeniería Química como profesión considero sinceramente que es la salvación de Colombia en el terreno industrial y comercial. He podido darme cuenta de que el mayor problema que tiene Colombia hoy en día, es la escasez de divisas internacionales que arranca del desequilibrio en la balanza comercial del país, porque ustedes exportan un solo producto que es el café y con las divisas que éste les produce tienen que comprar toda clase de artículos manufacturados y aun de materias primas. Voy a darles un ejemplo que se me ocurre, de la manera como Colombia ha desperdiciado dinero, por falta de ingenieros químicos capaces de aprovechar las materias primas nacionales para transformarlas en productos comerciales, es el caso de la Quina: se recolecta la corteza de la Cinchona en este país y se envía al extranjero, para recibir a vuelta de correo la Quina elabora-

da en fábricas extranjeras; el flete marítimo de ambos artículos vale lo mismo y la diferencia de precio debida a la elaboración, es una cantidad de divisas que salen del país; así ocurre con multitud de cosas y si hubiera técnicos industriales como lo es el Ingeniero Químico, podrían crearse muchas fábricas para convertir a Colombia en un país exportador de artículos elaborados, mejorando así notablemente la balanza entre la importación y la exportación.

—Por último, ¿qué opinión le merece nuestra Revista?

—Oh, that is —muy bueno—. Tuve la oportunidad de leer todos los números que de ella han salido y encontré artículos técnicos de gran interés, entre los que recuer-

do ahora me gustó mucho un trabajo sobre Combustión Parcial de gases con deficiencia de aire, del primer número y otro sobre la fabricación de Soda Cáustica del número cuarto. Es una verdadera revista técnica.

Finalmente, el señor Campbell nos prometió enviarnos un artículo especial para nuestra publicación, tratando puntos que no habían salido antes en sus declaraciones para la prensa ni en sus conferencias científicas. Así dimos por terminada la interesante charla con tan distinguido profesional y sea esta la ocasión para agradecerle de nuevo, desde las columnas de Ingeniería Química, la amabilidad que demostró para con nosotros y el interés que tomó por la Escuela y por la Revista.

NUEVOS METODOS PARA LA ELABORACION DE AZUCARES

Insertamos a continuación un interesante artículo del profesor Carlos Rodríguez Casals, de la Escuela Profesional del Pinar del Río (Cuba).

Los nuevos procesos industriales para la obtención de azúcar de caña y remolacha dan la impresión de que los actuales métodos de obtención, clarificación y refinación de azúcar serán desechados por complicados y costosos y porque, además, se está obteniendo ahora del guarapo de caña y del jugo de remolacha un menor rendimiento del que debe esperarse en términos de sacarosa y de vitaminas.

Quiere decir que los actuales sistemas de fabricación del azúcar están siendo revisados a la luz de las nuevas técnicas en materia de purificación y cristalización de jugos azucarados, con el fin de suprimir las faenas que complican la producción, encarecen el producto, rebajan el rendimiento y destruyen las vitaminas.

El objetivo final es obtener el azúcar diluido en los jugos vegetales, en este caso de caña y remolacha, mediante sistemas capaces de producir más breve y sencillamente, a más bajo costo, un mayor rendimiento de sacarosa y sin que sea necesario recurrir a elevadas temperaturas y drásticas clarificaciones y defecaciones que des-

truyen las vitaminas y, lo que es más, arruinan indiscriminadamente las sales minerales, que sin la presencia de algunas de ellas son inefectivas las pocas vitaminas que quedan al producto castigado por temperaturas y defecaciones violentas.

Y como estos objetivos se han logrado plenamente en su etapa experimental, es lógico esperar radicales cambios en la industria azucarera, que afectarán decisivamente la mecánica del producto y sus derivados, y será necesario adaptar los ingenios a procesos distintos y hasta diametralmente opuestos a los que hasta ahora se han empleado.

La mecánica de los ingenios del nuevo tipo será la misma hasta la molienda de la caña y obtención del guarapo, procurándose una extracción correcta en el trapiche.

De esta operación, en adelante, el guarapo seguirá rumbos distintos de los hasta ahora seguidos, habiéndose comprobado ampliamente la posibilidad de obtener azúcar de más altos valores por dos sistemas nuevos e independientes, que son:

1º Obtención de un material más dulce y más obscuro que el azúcar refinado, por el procesamiento en frío del guarapo, sin que en ningún momento sea elevada la temperatura.

2º Obtención de azúcar refinado directamente del guarapo por el sistema de precipitación de sales en relación con la disociación electrolítica de Arrhenius, practicado bajo la denominación de proceso de cambio de iones.

La adopción de esta nueva técnica industrial representa una revolución que afectará la estructura económica de la industria azucarera, la maquinaria y proceso de los ingenios y posiblemente las variedades de caña.

Revolución intensa, basada en las nuevas necesidades humanas que están siendo reveladas por la Vitaminoterapia. Por otra parte, el blanqueo del azúcar a la cal deja iniciada tan intensa avidez de calcio, que el azúcar así blanqueado e ingerido resulta un gran ladrón de los calcio fijos y circulantes del organismo humano, por lo que es más saludable el azúcar de centrifuga con todas las sales que la obscurecen, que la blanqueada que ha quedado sin sales y degradados sus valores vitamínicos por las altas temperaturas.

UN PRODUCTO MAS DULCE Y VITAMINADO QUE EL AZUCAR

El sencillo proceso del guarapo de caña operado a bajas temperaturas ha hecho posible la obtención de un material sacarina más dulce que el azúcar, aunque de color amarillento-oscuro, pero con su contenido intacto y natural de vitaminas y sales minerales presentes en el jugo crudo.

No es por cierto la primera vez que se obtiene un producto más dulce que el azúcar, pero resulta sorprendente y extraordinario que un país productor de azúcar pueda elevar considerablemente su producción con sólo rectificar sus procesos de fabricación obteniendo mayor grado de melosidad con la misma cantidad de guarapo.

Por otra parte, será obtenido un producto de superior calidad ya que no ha sido cocido en ningún tiempo, ni a presencia del aire ni en calderas metálicas, ni expuesto a la oxidación en procesos complicados.

Pese a las breves noticias que nos llegan, sabemos que el guarapo es operado a bajas temperaturas por un sistema semejante al que se usa para la desecación del sue-

ro de la sangre.

Al efecto, al guarapo una vez filtrado se le da un tratamiento con algún disolvente inocuo, que además evitará la actividad bacteriana. Se rectifica el pH y se deja evaporar el solvente. Se procede entonces a la congelación del jugo, con todo su contenido de vitaminas y sales, y se producen cristales de agua pura, mezcladas con la solución, la que se concentra agitando.

Esta masa congelada se fracciona y demenuza al ser depositada en la centrifuga, en la que serán separados el hielo y el azúcar.

La operación de congelar y separar el hielo del azúcar se repite hasta obtener un jarabe de 38º Bé. A este jarabe se hacen adiciones limitadas de extractos de trigo o de cebada, a fin de neutralizar la avidez de agua que caracteriza al jarabe.

El jarabe se vierte en recipientes de escasa dimensión en los tres sentidos y se dispone para el secado mediante corrientes alternas de aire filtrado, seco y frío, o bien puede secarse en el tacho de vacío.

Es así que se obtiene una masa pulverulenta, informe, que llega a cristalizar con la textura del "fondant", aunque de color ligeramente amarillo-ámbar.

Indiscutiblemente que derivamos ahora hacia el verdadero concepto de la melosidad, en prenda de que azúcar y dulzura, ni son sinónimos, ni son suficientes a la función orgánica.

A medida que avanzan los planes científicos de nutrición y salubridad, basados en que el hombre depende de lo que come, no bastará que el azúcar sea más o menos dulce, o más o menos blanca, sino que, además, conserve las vitaminas y sales minerales.

PROCESO DE REFINACION DEL AZUCAR DIRECTAMENTE DEL GUARAPO

El proceso de clarificación de jugos azucarados vegetales, en este caso de caña y de remolacha, por el sencillo proceso del cambio de iones, está basado en la realidad siguiente:

Cualquier jugo azucarado vegetal natural lleva en mezcla y solución tres clases

de materiales: A) Materiales de carga eléctrica positiva, B) Materiales de carga eléctrica negativa y C) Materiales que se mantienen indiferentes a presencia de los electrodos. Estos materiales de carga positiva y negativa se llaman iones, recibiendo la denominación específica de cationes los iones de carga positiva y aniones los de carga negativa.

Los materiales indiferentes y que quedan diluïdos en el jugo acuoso azucarado, son, antes que otra cosa, sacarosa.

Privando al jugo de los cationes y de los aniones que lo enturbian, quedará una solución de sacarosa y agua. Eliminando el agua resultará que queda la sacarosa pura, refinada, sin recurrir a altas temperaturas, sin necesidad de obtener azúcares intermedios oscurecidos, los que son blanqueados actualmente por defecaciones destructoras de vitaminas y sales minerales.

La clarificación electrolítica, resulta correcta y no quedan mieles residuales. Toda la dulzura o sacarosa contenida en el jugo queda en el jugo fresco, diáfano y fragante, así como sus valores alimenticios quedan intactos por no haberse expuesto inútilmente el guarapo ni a la oxidación en largos procesos, ni a la cocción a elevadas temperaturas, ni a la defecación en demanda de un producto cuya condición esencial no consiste en ser blanco, sino dulce, saludable y fragante.

La Universidad de Louisiana, en conexión con la casa American Cyanamid y Chemical Corp., y con el beneplácito del Ministerio de Agricultura de Estados Unidos, están desarrollando una nueva concepción del azúcar, para suministrar un azúcar refinado directamente del guarapo, empleando una resina denominada ionac, que tiene la propiedad de apoderarse de los cationes y aniones, es decir, de los iones positivos y negativos que enturbian los jugos azucarados.

En efecto, si disolvemos en agua un ácido mineral u orgánico o sus sales y bases, se disociarán, y si a continuación los hacemos pasar a través del ionac, **cambiador de cationes**, éstos quedarán retenidos en la resina, siendo substituídos en la solución por iones H° , los que con los aniones

presentes formarán los ácidos correspondientes. Si a continuación pasamos la solución a través del ionac, **cambiador de aniones**, el ácido queda retenido y la misma ha quedado libre de cationes y aniones, es decir, de iones positivos y negativos, que la enturbian. El jugo queda clarificado y purificado.

SU USO EN LA REFINACION

El guarapo es un jugo que lleva dos clases de elementos impurificadores de la sacarosa disuelta:

1.—Sales minerales, fibra, etc., en suspensión grosera.

2.—Sustancias disueltas perfectamente solubles que no son sacarosas.

Las sustancias primeras se eliminan por los procedimientos de defecación corrientes. Las segundas pueden ser eliminadas por el sistema de cambios de bases.

El procedimiento es el mismo explicado, puesto que el guarapo es azúcar en solución acuosa, y la sacarosa no es ionizable; si hacemos pasar la solución a través del ionac cambiador de bases, todas las impurezas solubles serán eliminadas del jugo y quedará sólo la sacarosa; si seguidamente cristalizamos eliminando el agua, tendremos azúcar blanca y pura.

Por este proceso no quedan mieles residuales y sí un alimento comestible hasta ahora en forma de jarabe, y en el cual se pueden orientar cultivos de fermentos y levaduras, los que se usarán como alimentos levaduras, o simplemente como levaduras para las industrias alimenticias y vinateras.

La melaza, por tanto, dejará de ser usada en el carburante nacional, en la fabricación de alcohol y en los piensos del ganado, y quedará anulada la exportación de esas melazas para las destilerías de los Estados Unidos.

El escaso residuo de la clarificación será envasado y vendido como alimento y como cultivos fermentescibles, para otras industrias.

Es lógico esperar que la cera que enturbia el guarapo y que tanto dinero, esfuerzo y vitaminas cuesta a los centrales,

La Redacción

NUESTRO REPRESENTANTE



En las pasadas elecciones para designar representantes universitarios al Consejo Directivo de la Universidad, fueron escogidos para llevar la vocería estudiantil, los señores Alvaro Echeverri y Emigdio Rincón. El primero corresponde a la Facultad

de Medicina y el segundo a nuestra Escuela.

Es para nosotros satisfactorio el que ahora dispongamos de representante ante la Directiva Suprema. La Escuela afronta de una manera permanente, problemas sin cuento, debido a que venimos empeñados en consolidarnos profesionalmente. La Escuela de Ingeniería Química, en la actualidad, demanda una mayor atención de parte de las Directivas Universitarias, si es que nuestra Alma Máter desea honradamente que la Escuela marque el paso de mejor avanzada en la orientación técnica de los estudios profesionales en el país.

Dado el carácter del pénsum que estamos llevando a cabo, se hace perentorio que la Universidad haga los mayores esfuerzos por dotar ampliamente a la Escuela de todos los mejores medios para llenar a cabalidad su cometido.

Esperamos que nuestro representante, señor Emigdio Rincón, sabrá llevar la vocería de una manera viva y permanente, a fin de lograr encauzar en forma decidida, la atención del Consejo Directivo hacia la Escuela.

Nosotros desde estas columnas, queremos saludar muy atentamente al representante Rincón y esperamos que las campañas que ha de promover, sean de exitoso sentido colectivo.

para tirarla luego en las cachazas, será aprovechada y vendida como un subproducto que hasta ahora ha interesado poco, no obstante el aprecio de la cera vegetal en las industrias del papel, de los fósforos, velas y envases en general.

Los dos procesos deben refundirse en uno.—Vistos los procesos del guarapo por el tratamiento de bajas temperaturas, que proporciona azúcares más vitaminados, y ricos en sales minerales, aunque dé obscurecido el color, y el de clarificación por el cambio de iones, procede, a nuestro juicio, clarificar por el sistema de cambio de iones y cristalizar por el proceso frío y sin que en ningún momento sea elevada la temperatura.

MISCELANEAS

Horno de laboratorio.—Un horno de laboratorio con temperatura arriba de 3.000° F. y para operaciones continuas arriba de 2.500° F. ha sido construido por Lindberg Engineering Co. Chicago 12. También se puede usar como mufla o con bloques de carbón para atmósferas no oxidantes. Los 10 elementos de carburo de silicio aseguran calentamiento uniforme. El control de temperaturas es llevado por un pirómetro con circuito electrónico. El modelo G-10 es designado para operaciones a 230 voltios y 60 ciclos con corriente alterna y monofásica.