

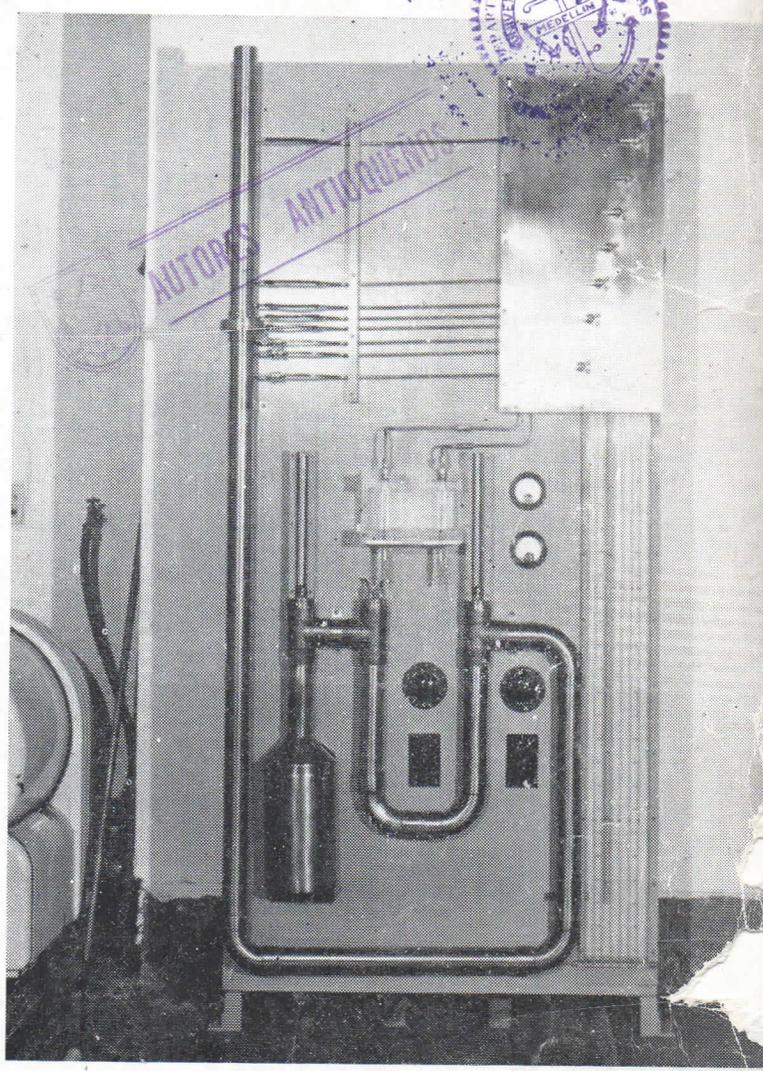
V 5 #6 Jul 1953 A-5-57

AUTORES ANTIOQUEÑOS

Ingeniería Química

Revista Técnica e Industrial

Sala de
AUTORES ANTIOQUEÑOS
Biblioteca General
U. de A.



ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA, U. de A.

Laboratorio de Operaciones Unitarias

Departamento de Flujo de Fluidos

Sección de Flujo de Gases

Volumen 5

Número 6

Julio de 1953

Medellin - Colombia

SUMARIO:

Nota Editorial	131
Industria Siderúrgica	134
Tratamiento de agua	143
Metalurgia	155
Informativo Usis	158

Industrial Química Nacional
INQUINAL LIMITADA, CALI

- * Jabones textiles.
- * Aceites sulfonados.
- * Auxiliares para tintorería y acabado.
- * Pinturas para cuero y sus auxiliares.
- * Aceites compuestos para cuero.
- * Acabados para suela.
- * Líquido para frenos.
- * Inmunizante para madera.

ANILINAS y
PRODUCTOS QUIMICOS
como representantes de

Farbwerke Hoechst
vorm. Meister Lucius & Bruening
y Casella Farbwerke Mainkur
de Frankfurt/Main — Alemania

OFICINAS: CALI

CARRERA 2, CALLE 36 — TELEFONO 38-59 — APARTADO AEREO 225

INGENIERIA QUIMICA



AUTORES ANTIOQUEÑOS

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

Dirección:
WILLIAM R. FADUL
Apartado:
Universidad de Antioquia.
Tel. 177-10

Representantes en Bogotá:
SOCNAREL
Av. Jiménez Nº 5-30 - Oficina 609
Tel. 28-047

Distribución:
GERMAN CARO S.
Publicidad:
HUGO GUERRERO L.



AÑO VI — Medellín, Julio de 1953 — VOLUMEN V — NUMERO 6

Tarifa postal reducida. — Licencia Nº 1718 del Ministerio de Correos y Telégrafos.
Impreso en la EDITORIAL BEDOUT. — Medellín.

La Dirección no asume responsabilidad por los conceptos emitidos por sus colaboradores.

NOTA EDITORIAL

Sala de
AUTORES ANTIOQUEÑOS
Biblioteca General
U. de A.

POSIBILIDAD DE UNA FUTURA FABRICA DE ACEITES HIDROGENADOS EN EL PAIS

En muchas ocasiones hemos dedicado estas líneas editoriales al comentario de las Industrias nuevas que se crean en el país y a su valor dentro de lo que representa la producción de nuevos renglones en Colombia, como hecho benéfico y lenitivo para la balanza de Importación y Exportación.

Ahora trataremos de presentar el panorama de una nueva Industria y sus posibilidades de instalación en el país: La Fábrica de Aceites Hidrogenados.

Como es sabido, la mayoría, si no el total, del aceite hidrogenado que se introduce al país es con el fin de mezclarlo con los aceites vegetales de producción nacional y dar al mercado manteca vegetal y no los aceites como tal. Existen entre nosotros modernas Fábricas para la elaboración de aceites refinados con un alto grado de pureza que lo hacen aceptable por parte del consumidor, pero no hay en grande escala instalación para su endurecimiento, lo cual es complementario de tal Industria.

La materia prima básica para la producción de aceites hidrogenados es la semilla de algodón y la producción de ésta en la zona de la costa bastaría como fuente de alimentación para una instalación considerable.

Bien vale mencionar el hecho de que la importación del Aceite Hidrogenado durante el pasado año de 1952 ascendió a la cantidad de 1.354.000 kilos y que esto representa en cifras la suma de 1.908.000 de pesos para sólo

5 de los establecimientos investigados por la Oficina de la Dirección Nacional de Estadística.

La producción de Semilla de algodón en la sola región del Sinú (Departamento de Córdoba) asciende, aplicándole un altísimo margen de seguridad, a la cantidad de 5.000.000 de kilos por año y esto representa una cantidad de aceite refinado, teniendo en cuenta las pérdidas por extracción, refinación, etc., de 700.000 kilos aproximadamente. Tendríamos así una base halagadora para iniciar el estudio de una instalación tal.

Sabemos de un inconveniente y no queremos dejarlo aparte en este breve comentario: el del punto de localización de la planta. Los subproductos deben ser transformados en abonos para obtener un rendimiento aceptable y comercial del capital y de producirse estos abonos en la zona productora de la semilla, refiriéndonos a la región del Sinú, se pone de manifiesto el más grave de los escollos que tiene la Industrialización del país: Los transportes a costos elevados.

Aun cuando no en forma oficial, tenemos informes que revelan la existencia de estudios a este respecto, hechos por una de las más fuertes productoras de manteca vegetal del departamento del Atlántico. Bien valdría continuar esta investigación para sacar de dichos estudios una conclusión que pueda establecer la real utilidad de este nuevo renglón en la Industria Colombiana.

El consumo de semilla de algodón durante el mismo año de 1952 es de 12.336.900 kilos, todo de producción nacional y usado para la producción de aceite de algodón semirrefinado para jabonerías en gran parte, lo cual es un dato que nos impulsa a pensar en el posible montaje de pequeñas plantas distribuidas en las distintas zonas productoras de la semilla para tratar de eludir así el problema del transporte caro y prohibitivo de la materia prima ya transformada en productos útiles a las necesidades del país.

En varias ocasiones hemos dado nuestra sincera voz de aplauso por la labor desarrollada por el Instituto de Fomento Industrial, que tan acertados éxitos ha tenido en el estudio económico y la prospección de nuevas Industrias para Colombia. Ahora dejamos entrever esta entidad como un posible candidato para esta iniciación.

NUESTRA PORTADA

La Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de Antioquia es indudablemente la mejor dotada de cuantas existen en el país, en su género de instituciones técnicas dedicadas a la enseñanza del diseño, manejo y montaje de equipos industriales. Algo más, es tal vez la que más énfasis pone a la preparación del Ingo. Químico como tal.

Ahora ilustramos nuestra portada con una moderna unidad para medir flujo de gases mediante un orificio, tomando caídas de presión con manómetros debidamente instalados. Es ésta la última unidad llegada al laboratorio de operaciones unitarias, que desde hace varios años ocupa el primer puesto en Colombia.

UTILIZACION DE CARBONES COMBUSTIBLES FRANCO SARRENSSES EN LA PRODUCCION DE COQUE METALURGICO Y LA POSIBLE APLICACION DE LOS METODOS CORRESPONDIENTES EN LA AMERICA LATINA

Por R. CHERADAME.

Trabajo presentado para su discusión en la Junta de Expertos en Siderúrgica de la América Latina, reunida en Bogotá el 13 de octubre de 1952.

INTRODUCCION

1. El mecanismo por el cual el carbón se transforma en coque se desconoce, poseemos a este respecto, de acuerdo con la literatura y nuestros trabajos, sólo informaciones muy fragmentarias, que son la medida de cantidades o de índices arbitrariamente elegidos, acerca de los cuales no se ha podido obtener ninguna explicación de conjunto.

Por qué se dilata un carbón o una mezcla? Por qué se rompe un coque? Cuando esto se sepa, con el auxilio de mediciones simples se podrán deducir todas las posibilidades de coqueizar sólo o no cualquier mezcla.

Tal es la razón por la cual los laboratorios CERCHAR han abordado este trabajo. Se han hecho observaciones del más alto interés, especialmente mediante nuestro nuevo procedimiento de observación radiográfica de la coquefacción; se realizan en gran número nuevas mediciones de las características físicas y mecánicas (contracción, densidad, resistencia a la tracción, etc.). Esperamos elucidar pronto algunos de los puntos oscuros, pero no tenemos todavía la solución esperada.

En estas condiciones:

a) Podemos suministrar precisiones sobre los resultados obtenidos con nuestros diversos carbones, pero su aplicación a otros carbones sigue siendo incierta. Se necesitan muchas mediciones idénticas para que se pueda admitir que, en regiones tan separadas como la cuenca carbonífera sarre-lorenense y una cuenca latinoamericana cualquiera, dos carbones se comportan de modo idéntico. Aún así me parece indispensable tomar la precaución de proceder a una verificación práctica, como se puede hacer en las

coquerías experimentales modernas tales como la de Marienau en nuestra cuenca de Lorena.

b) Todavía más, las informaciones que he recibido hasta el momento sobre los carbones sudamericanos nada dicen acerca de sus propiedades. El contenido en materia volátil es sólo una información parcial. El índice Giesder, respecto a cuya aplicación con el plastómetro se han publicado informaciones, a dos carbones de Colombia, por lo demás, no es corriente en Europa. Las mediciones dependen mucho del dispositivo y del modo de conducir el experimento. Por lo tanto, no es posible contemplar en este informe una transposición de nuestros resultados a la América Latina.

Tampoco puede olvidarse el problema de las cenizas: el conocimiento del contenido en cenizas no nos indica si éstas pueden reducirse fácilmente a los límites exigidos para el empleo del carbón en un alto horno; ni si es fácil eliminar el azufre cuando su contenido es demasiado elevado, problema que no existe en Francia; ni, por último, cuál es la naturaleza de esas cenizas, factor que seguramente tiene gran influencia en la formación del coque y en sus propiedades.

2. Es igualmente indispensable saber qué coques se quiere fabricar.

Las propiedades de los coques franceses se miden mediante las pruebas de tambor Micum: tratamiento de una muestra de 50 kilogramos compuesta por trozos de más de 50 mm., que se somete a rotación durante cuatro minutos en un tambor normal, después de lo cual se harnea el producto en cribas de 10 y de 40 mm. Los porcentajes de trozos menores de 10 mm. y mayores de 40 mm., respectivamente denominados índices N 10 y M 40, son medidas empíricas

satisfactorias de la resistencia a la abrasión y de cohesión del coque (1).

Los metalurgistas franceses emplean coques en los cuales el índice de M 10 es en general inferior a 8 y el índice M 40 excede de 75 y a menudo de 80.

Si bien los coques del Ruhr, por ejemplo, son mucho mejores que lo que indican estas cifras límites, hay en cambio países que utilizan coques que no llenan estas condiciones. Creo en primer lugar que en su mayoría los altos hornos franceses se acostumbrarían a un coque a condición de que fuese regular de calidad inferior a la del que acabo de indicar si no tuviesen otros. Sin embargo, no conviene olvidar también que las cargas de los altos hornos franceses se componen esencialmente de un mineral muy particular. (El mineral lorenense, calcáreo o silíceo, contiene un promedio de 30 a 35 por ciento de hierro).

Por lo tanto, una mezcla de carbones que hoy en día no se considera apropiada para fabricar coque para un alto horno francés quizás fuera buena en América Latina. Esto reviste mayor importancia si se considera que varias series de experimentos industriales nos dan resultados algo inseguros. Veremos más adelante que las conclusiones de nuestros ensayos mejoran mucho si se trata de fabricar un coque cuyo índice M 40 sea sólo de 68 o aún de 70.

Del mismo modo habrá que precisar las otras características (cenizas, azufre, etc.) que puede presentar el empleo del coque en la América Latina.

3º Por último, hay dos consideraciones de orden económico que influyen en todo estudio de esta especie y que delimitan las mezclas que se estudian y las que no se estudian:

—Cuál es el costo máximo admisible para el coque? Pueden aceptarse técnicas de transformaciones onerosas? etc.

(1) J. Sabatier, basándose en los trabajos de L'Institut de Recherches de la Sidérurgie, indica que entre estos índices y los índices ST 2" (sobrante en la malla de 2") y ST ½" (sobrante en la malla de ½") existen evidentemente las siguientes relaciones:

¶ M 40 en promedio es inferior en 12 a 15 puntos a ST 2".

¶ M 10 en promedio es superior en 4 a 6 puntos a ST ½" (comunicación al Cuarto Congreso de la B. C. R. A., 25 Octubre 1950).

—Qué carbones importados pueden considerarse como fuentes normales y regulares y pueden emplearse en las mezclas?

Evidentemente, nuestros ensayos se limitan a las soluciones que pudieran ser económicamente posibles para nosotros. Quizás existan otras para otros países, y es probable que algunas de ellas técnicamente fuesen más favorables.

II. Resultados Franceses Industriales

4. Aquí hablaré sólo de los trabajos relativos a la utilización de cantidades importantes de carbones sarro-lorenenses, carbones todos cuyo contenido en materia volátil es alto, pero cuyas propiedades de dilatación y aglutinación son muy distintos. En un cuadro adjunto se muestra esta variedad y se trata de precisar sus características, como así mismo las de los carbones que citaré en este informe.

Figura también en ese cuadro el carbón de Fuveau, carbón terciario análogo a los subbituminosos de América, pero que no se incluye en nuestros ensayos.

Nada diré por consiguiente de la adición de pequeñas cantidades de carbones de bajo o mediano contenido de volátiles de composición cercana a los tipos auto-coquizantes.

Podemos entonces tomar en consideración cuatro series de estudios franceses:

a). Estudios hechos en Thionville para aumentar, sin técnicas especiales, la proporción de carbón lorenense en la mezcla.

b). Estudios hechos en Carling con mezclas de alta proporción de carbón lorenense. El procedimiento incluye la adición de coque en polvo y su pisoneadura en el horno.

c). Estudios realizados en Marienau con cargas de alta proporción de carbón lorenense. El procedimiento incluye la adición de semi-coque en polvo y la carga del horno en seco.

d). Estudios hechos en Thionville mediante el procedimiento Burstlein, que consiste en una trituración selectiva de las distintas fracciones de carbón lorenense de que se compondrá la carga.

Los resultados de las series a, b y d son industriales: se han producido y se siguen produciendo importantes cantidades de coque para nuestros altos hornos.

La serie c ha sido objeto de un ensayo industrial de un mes. El resultado fue algo satisfactorio para nuestras usinas siderúrgicas lorenenses.

ses, pero puede considerarse bueno en condiciones económicas distintas a las nuestras.

5. Primeros estudios de Thionville.

La coquería de Thionville consumía normalmente mezclas compuestas de los siguientes carbones:

—Courrieres, carbón clásico para coque.

—Carolus Magnus, de bajo contenido de volátiles.

—Saint Charles, de alto contenido de volátiles B lorenense.

Se ha tratado de aumentar al máximo la proporción de este último.

Utilizando en vez de finos 0-6 mm., granos de 7-15 mm. triturados al momento de emplearlos, se ha podido alcanzar el límite siguiente:

Courrieres	21%
Carolus Magnus	12%
Saint Charles	67%

El coque correspondiente tiene las siguientes características:

M 10 - 10
M 40 - 57 a 61

Sólo no conviene para el alto horno, pero se ha empleado sin dificultad *mezclando* con otros coques.

Con 50 a 60 por ciento de carbón de Saint Charles, el M 40 alcanza más o menos 60 a 66, valor indudablemente aceptable en otros países, y con 40 a 50 por ciento del mismo carbón B, el coque puede utilizarse en Francia, sin mezclarlo.

Se advertirá que para llegar a ese resultado se hizo necesario el empleo de granos frescos. Esto puede deberse:

Al hecho que el carbón lorenense se oxida con bastante facilidad, en el estado de fino, y pierde sus propiedades aglutinantes durante el transporte de la misma planta, y también al hecho de que la proporción del fusinita en el caso del tamaño 7-15 es inferior a la del tamaño 6-6.

6. Sistema Carling.

En la coquería de Carling se emplean indistintamente tres mezclas, siendo la composición la siguiente:

Carbón lorenense de altos volátiles.

Carbón lorenense

Coque en polvo.

Carbón para coque (Pas- de Calais o Ruhr).

El coque que se obtiene es homogéneo, de estructura bastante regular. El examen microscópico muestra que las paredes entre los poros están perforadas por canales finísimos.

Los pedazos tienen formas ligeramente cúbicas.

Los resultados obtenidos en las determinaciones Micum son los siguientes:

M 40 - 79 a 81

M 10 - 7 a 8

La densidad aparente es de 450 kilogramos de coque seco por metro cúbico.

La porosidad varía entre 45 y 50 por ciento.

El coque resultante es altamente combustible.

Con estas mezclas, la coquería de Carling produce coque metalúrgico desde la guerra. Para aumentar el empleo del carbón de alto contenido en volátiles, actualmente se prefiere la fórmula B y, sobre todo, la C; el coque resultante es de la misma calidad en todos los casos.

Desde 1948, se han producido 500.000 toneladas de coque metalúrgico utilizadas en su totalidad en altos hornos de 500 toneladas por día en la industria siderúrgica lorenense, especialmente en los altos hornos de Rombas, que han consumido las cuatro quintas partes.

El procedimiento consiste en:

—Preparar y triturar estas mezclas tripartitas.

—Pisonear la carga del horno a una densidad, con carbón seco, de alrededor de 1.0, y

—Carbonizar a una velocidad tan alta como lo permitan las torres de coquefacción.

Equipo: Puede resumírsele en la siguiente forma:

—El taller de preparación de la mezcla comprende, como todos los talleres análogos, silos de almacenamiento, medios de dosificación, trituradoras. Conviene que estos últimos aparatos den la menor cantidad posible de finos (por ejemplo inferior a 0.5) y de granos pequeños (por ejemplo, superiores a 3 mm.).

La única particularidad consiste, en el caso de emplear coque en polvo, en la existencia de un taller anexo para secar y pulverizar dicho polvo. Se utilizan trituradores de barras o de Bolas para que el producto no contenga elementos que excedan de 0.3 mm.

La mezcla triturada, pasa a la torre. La carga destinada al horno se prepara en una máquina especial que se abastece desde la torre y circula delante de los hornos.

Comprende los siguientes órganos:

—Silos de reserva capaces de contener varias cargas del horno.

—Muela con el fondo (pala) y los extremos (escudos) móviles; en esta muela se prensa la briqueta.

—Mecanismo de pisoneado compuesto de 2 carros móviles con cuatro morteros cada uno.

—Mecanismo de carga del horno que permite la introducción de la briqueta prensada en el horno; esta última lleva la pala y la sostiene en sus extremos los escudos.

—Mecanismo de descarga (análogo al de las máquinas corrientes de los hornos).

—Mecanismo para abrir las puertas.

Una pequeña máquina aneja, que circula sobre los hornos, asegura el manejo de los escudos delanteros. Los saca de los hornos y los lleva a la máquina principal.

—Los hornos se construyen de sílices. Los distingue de los hornos de coquefacción corrientes una sola particularidad: la razón entre el alto y el ancho de la briqueta debe ser inferior a cierto límite. La estabilidad de la briqueta depende de dicha razón para condiciones de prensado determinadas. El límite aumenta con el progreso de la técnica y actualmente es del orden de 8,5.

Cabe insistir en que esta limitación del alto del horno para un ancho bien determinado no corresponde en modo alguno a una disminución de la capacidad unitaria de carga diaria de los hornos, con relación a un horno normal. Efectivamente, el volumen útil disminuye, pero la carga aumenta en razón de la fuerte densidad y la duración de la cocción es prácticamente la misma.

—El resto del equipo de la coquería (horneo del coque, talleres de subproductos, etc.)

es absolutamente idéntico al de una coquería normal.

7. Sistema Marienau.

El experimento industrial se hizo con 12.000 toneladas de coque aproximadamente.

El coque se fabricó en la coquería de Thionville tratando una mezcla seca de la siguiente composición:

Carbón de alto contenido de volátiles clase B.

Carbón (Sainte Fontaine o Saint Charles) 60%
Carbón de alto contenido de volátiles clase A

(Camphausen) 25%
Semicoque 15%

Debido a que la coquería de Thionville no se encuentra equipada ni para sacar los carbones, ni para la fabricación de semicoque, la carga se preparó en Marienau, desde donde se envió a aquella. Debido así mismo a que la capacidad de producción de Marienau era muy inferior al consumo de alto horno (alrededor de 12.000 toneladas mensuales), la preparación de la carga y su carbonización se escalonaron entre julio de 1950 y febrero de 1951.

El semicoque utilizado se obtuvo en un horno giratorio con carbón de alto contenido de volátiles poco aglutinante con 35 a 40% de volátiles respecto a la materia combustible. Se caracteriza por una gran fineza de los granos: 45 a 75% de menos de 0.5 milímetros.

El coque obtenido se distingue sobre todo por su baja densidad y por su granulometría bastante fina.

Sus características son las siguientes:

Granulometría
Ensayos Micum
Densidad

Aunque el M 40 es inferior a los valores franceses corrientes a que me referí, el ensayo en el alto horno se efectuó sin incidente. Sin embargo el gasto de coque por tonelada de arrabio es algo superior a lo que obtiene con los coques clásicos. Además, la composición del arrabio resultó bastante irregular.

Pero este coque fabricado en Thionville era inferior al que habíamos producido en la coquería experimental de Marienau cuando estábamos perfeccionando la fórmula.

Efectivamente, en estos experimentos con la misma mezcla, el índice M 40 llegaba a 75; la causa de esta diferencia reside seguramente en la alteración de la masa de coque entre su preparación en Marienau y su cocción en Thionville (plazo medio: 8 a 10 días). Puede presumirse por lo tanto que una fabricación normal daría un coque conveniente para nuestras plantas.

Recuerdo que el procedimiento consiste en:

—Secar los carbones empleados junto con terminar la limpieza.

—Preparar una mezcla tripartita constituida por carbones lorenenses altos en volátiles A o B.

—Carbones con contenido medio de volátiles y carbones ricos en betunes.

—Semicoque.

—Carbonizar esta mezcla con la mayor velocidad de calentamiento que sea posible.

Equipo.

Se caracteriza por lo siguiente:

—El sacado de los carbones que se emplean debe hacerse necesariamente con el menor contacto posible entre el carbón y el gas caliente y con una elevación de temperatura tan débil como sea posible, a fin de evitar la oxidación.

Para este efecto, se utilizan aparatos en los cuales los carbones caen libremente en una corriente de humo caliente que circula en sentido inverso.

Los carbones se secan por separado, se enfrían, se muelen y por último se ensilan.

—Actualmente, el semicoque se fabrica en un horno giratorio de calentamiento indirecto. La parte superior está dispuesta en tal forma que permite una oxidación previa, que no se realiza sino cuando el carbón de alto contenido de volátiles empleados es aglutinante. El semicoque obtenido se enfría y se ensila.

—La preparación de la mezcla, su realización en un tubo giratorio, la carga en la torre, la carga en el horno, no ofrecen otras particulares con relación a una coquería normal que aquellas que se deben a la manipulación del producto fino y seco. Sin embargo deben tomarse algunas de nubes de polvo.

Los hornos de coque (construidos de sílice) son de tipo clásico, como las demás instalaciones de la coquería.

8. Sistema Sovaco.

La célula Sovaco de Thionville entró en servicio a fines de septiembre de 1951. Desde entonces funciona regularmente y trata alrededor de 1.400 toneladas por día de mezcla, correspondiente a la fabricación de más o menos 800 toneladas diarias de coque metalúrgico. Este tonelaje se utiliza totalmente para los altos hornos de la planta siderúrgica de Thionville.

Actualmente la mezcla más conveniente para este sistema y que se ha utilizado en el curso de los últimos meses tiene la siguiente composición:

Wendel (carbón de alto contenido de volátiles (35% de Lorena).

Alto contenido de volátiles (B de Lorena).

Bajo contenido de volátiles (cuena de Aquisgrán).

Carbón coquizante (cuena del Ruhr).

El coque que se obtiene presenta una textura regular. Los resultados obtenidos con la medición Micum son los siguientes:

M 40 — 77 a 80

M 10 — 7 a 8

Densidad aparente del coque seco: 0,410 a 0,420 kg./m³.

El principio parte del hecho conocido de que la trituration parcial de ciertos carbones seguida por un harneo suministra fracciones de composición diferente (en elementos petrográficos y en cenizas) y que conviene eliminar algunas de ellas y triturar en mayor o menor grado algunas de las otras.

El procedimiento Sovaco-Burstlein aplica esta técnica con diversas disposiciones particulares. En el estado actual de sus aplicaciones, una primera trituration seguida de harneo da:

—Una fracción intermedia, que es un concentrado de vitrita y que se sustrae a toda trituration posterior y queda en pequeñas partículas.

—Una fracción gruesa que es un concentrado de durita, y sobre todo de clarita y que se recupera, junto con la fracción más fina, para someterla a una trituration complementaria destinada a darle mayor fineza, evitando siempre la formación de finos polvorientos.

Finalmente, la densidad de carga óptima se obtiene controlando la granulometría de la mezcla final y agregando aceite.

Equipo

Comprende:

—cribas eléctricas que permiten una clasificación granulométrica precisa, aun cuando se tratan carbones húmedos.

—desintegradores que trabajan por percusión para evitar la formación de finos polvorientos.

—mezcladores de recipiente doble.

El cuadro 1º muestra un ejemplo de realización. El resto del equipo de la coquería es absolutamente idéntico al de las otras. Cabe hacer notar en forma especial que los hornos de coque no están sujetos a ninguna limitación especial en cuanto a dimensiones.

III. - ASPECTOS ECONOMICOS DE ESTOS PROCEDIMIENTOS

9. Inversiones (1)

En cada procedimiento, comprenden una parte común y complementos o modificaciones.

A título de comparación, en Francia la parte común asciende a 20 millones de francos por horno con una capacidad de producción diaria de coque de 16 a 17 toneladas. Este costo incluye el horno propiamente dicho y el costo de los anexos: máquinas del horno con sus accesorios, torre de extinción, andén para coque, torre para carbón, sistema eléctrico y obras correspondientes.

Las particularidades de los distintos procedimientos son los siguientes:

A. CARLING.

Instalación de aparatos de secado y pulverización del polvo de coque.

Para una instalación completa (con obras de arte) capaz de tratar 10 toneladas por hora de

(1) Recuerdo tres cifras que cito en mi informe sobre el lavado del carbón, presentado a esta misma conferencia de Bogotá, para precisar la situación económica francesa y facilitar transposiciones:

En Francia, actualmente:

¶ la tonelada de vigas de acero resultan a unos 40.000 fcos. franceses;

¶ el metro cúbico de hormigón armado resulta a 35.000 francos franceses;

¶ el costo (salarios más cargas) de un obrero altamente calificado de taller es más o menos de 350 francos por hora.

polvo húmedo, correspondiente a una coquería de 1.400 toneladas diarias de coque, el monto de las inversiones sería el orden de 400 millones.

Máquinas de los hornos

El juego de máquinas (mecanismo para cargar y descargar el horno, guía para la descarga del coque, carro de transporte para una batería de pisonado) cuesta aproximadamente 150 millones. Es capaz de servir como máximo una batería con una capacidad de 900 toneladas diarias de coque.

En cambio, el juego de máquinas análogas (mecanismo para cargar y descargar el horno y carro para el coque) para hornos de una capacidad inferior costaría 125 millones, pero sería capaz de servir una batería de 1.300 toneladas diarias de coque.

En resumen, para un conjunto que produzca de 2.600 a 2.800 toneladas diarias de coque, se tendría por consiguiente un complemento de:

200 - 450 - 250 - 400 millones de francos o sea, 2,5 millones por horno de 16 a 17 toneladas diarias.

B. MARIENAU

Instalación para el secado del carbón

Una instalación de secado compuesta de 4 secadores de 35 toneladas por hora, uno de ellos en reserva, costaría aproximadamente 225 millones. Sería capaz de servir una coquería que produjese 1.300 toneladas diarias de coque.

Instalación de semi-coquificación

La instalación completa con su preparación de carbón, sus hornos tipo Bruay-Carbolux y el tratamiento de los sub-productos, costaría alrededor de 300 millones. Sería capaz de producir las 300 toneladas diarias de semicoque necesarias para una coquería de esa importancia.

Deben presupuestarse por lo tanto 525 millones de francos franceses para 1.300 toneladas diarias, o sea, poco más de 6 millones de francos franceses por horno.

C. SOVACO-THIONVILLE

Instalación de preparación petrográfica

Una instalación completa costaría alrededor de 250 millones más que la preparación normal.

Sería capaz de alimentar una coquería que produjese 11 toneladas diarias de coque.

La carga suplementaria es por lo tanto de 4 millones de francos franceses por horno.

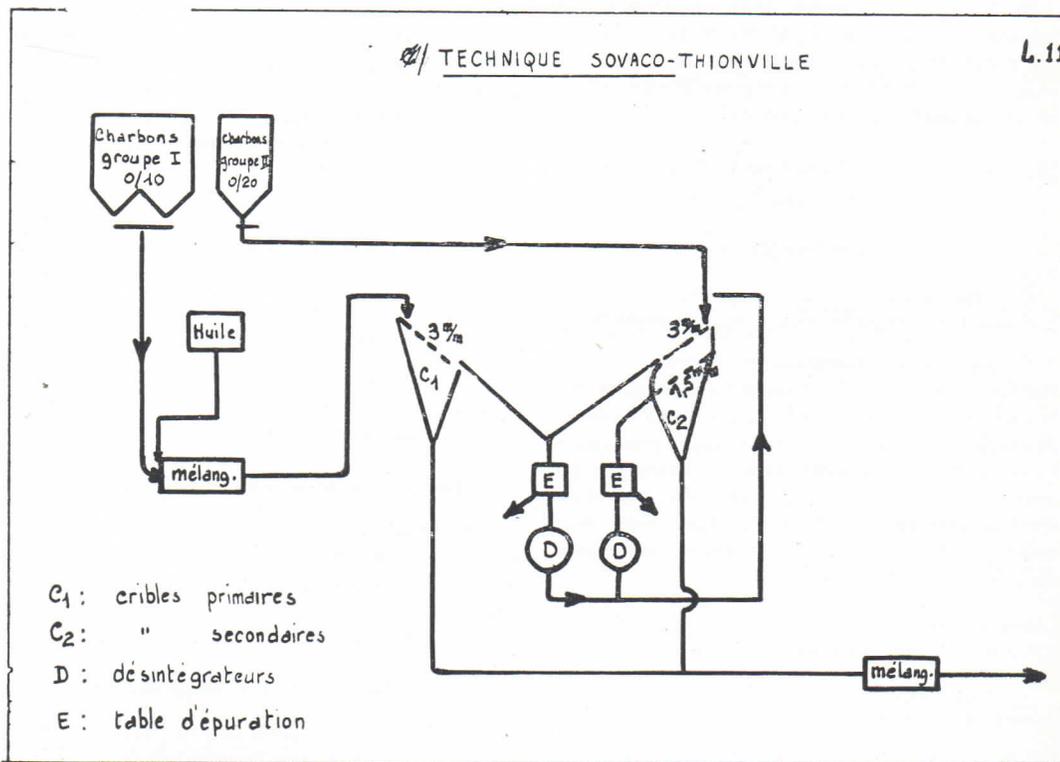
Gastos de explotación

No pueden reducirse a cifras para el procedimiento Marienau, que no tiene realización industrial permanente, y yo no dispongo de cifras

el estudio de la fabricación de semicoque se lleva a cabo especialmente en Marienau.

Después del ensayo en el alto horno, sólo con carbones sarro-lorenenses, se trataron mezclas con cierta proporción de carbón del Ruhr (Blumenthal):

1º—Mezcla tripartita de altos volátiles B, Rhur y semicoque.



Técnica Sovaco — Thionville

de la Société Sovaco En cambio, puedo dar las de Carling, y creo que es preferible presentarlas no en francos sino en cantidades físicas.

El cuadro adjunto da los resultados *por toneladas de coque producido* para una coquería que produzca 350 mil toneladas anuales de coque.

IV. - NUEVAS INVESTIGACIONES DE LABORATORIO

La investigación de fórmulas satisfactorias y

80 ensayos con 17 mezclas diferentes permitieron llegar a las siguientes fórmulas, visiblemente equivalentes:

Carbón de altos volátiles B.
 Rhur
 Semicoque

El coque correspondía al tipo M40 cercano a 75.

2º—Mezcla tripartita carbón de altos volátiles B, Rhur y semicoque.

Una serie de ensayos sistemáticos en un horno experimental permitió establecer la siguiente fórmula:

Carbón de altos volátiles (Wendel)
Ruhr
Semicoque

Entre el 8 de julio y el 13 de agosto de 1951 se carbonizaron en Thionville 3.800 toneladas de esta mezcla, preparada en Marienau. Se obtuvo un coque con las siguientes características:

Thionville
M. 40
M. 10
Densidad

De modo, pues, que se han descubierto varias fórmulas que dan un coque con un índice M 40 seguramente superior a 70.

Por otra parte, la estación de Marienau prosigue el estudio de los procedimientos de fabricación de semicoque: un solo producto es industrial, el del horno giratorio, inventado por Bruay hace 20 años. Es satisfactorio, pero el producto obtenido no es totalmente homogéneo. Hoy día se puede encontrar seguramente un procedimiento más económico y que dé un producto de mejor calidad.

Hasta ahora han fracasado los ensayos del horno Metalcoque: trasladados a la escala "piloto", los buenos resultados obtenidos en el laboratorio han suscitado dificultades de ingeniería que no se han resuelto; sin embargo, los trabajos se prosiguen.

Se están ensayando varios hornos de precipitación, pero en pequeña escala.

Por último, en Verneuil ha dado buenos resultados un horno que produce semicoque mediante el "fluid process" a razón de 100 kilogramos por hora, y en Marienau se está construyendo una unidad de ensayo de este tipo con una capacidad de una tonelada por hora.

CONCLUSIONES

Los resultados expuestos hasta aquí permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1º.—El empleo de cantidades importantes de carbones de alto contenido de volátiles no aglutinantes, no han pasado a la práctica en Francia, pero se ha visto que las mezclas Marienau

que dan un coque con un índice M 40 que oscila entre 70 y 75, contienen 15 por ciento de semicoque, el que puede obtenerse a partir de un volumen de ese carbón equivalente a 1,3 veces su peso.

2º.—El polvo de coque y el polvo de semicoque no tienen exactamente el mismo efecto. Según las técnicas, y sin duda según las mezclas, el uno o el otro de los dos es más eficaz. Normalmente, los porcentajes necesarios de polvo de coque tendrían el inconveniente económico de imponer cierta trituración de coque calibrado. En Carling, existen baterías para coque destinado al uso doméstico y batería para coque metalúrgico; de ahí que no haya dificultad en disponer de cantidades convenientes en polvo. Entonces la operación es ventajosa, puesto que este polvo no tiene valor comercial.

3º.—Los procedimientos Carling y Sovaco consumen las mismas calidades de carbones lorenenses, es decir aquellos cuyos índices de expansión son superiores a 4 aproximadamente.

Actualmente, el procedimiento Carling ofrece la ventaja de utilizarlo en mayor escala (véase página 6) la fórmula B. corresponde a

$$\frac{72}{72 + 16} = 82\%$$

del carbón bruto en carbón de altos volátiles A y B, contra 60 por ciento en la mezcla Sovaco. La fórmula C alcanza a

$$\frac{65}{65 + 28} = 70\%$$

de carbón alto en volátiles A.

Es menos caro desde el punto de vista de la instalación y posiblemente, de la explotación. No se puede llegar a una conclusión definitiva, sin embargo, debido a que el sistema Sovaco es demasiado reciente.

4º.—Por último, conviene recordar que, sin ninguna instalación complementaria (primer estudio de Thionville), se puede agregar 40 por ciento de carbón de altos volátiles B a la mezcla, lo que puede bastar para resolver algunos casos particulares.

Es evidente que de estos resultados algunos pueden utilizarse en la América Latina. Pero, una vez más, tendríamos que estar mejor informados acerca de los carbones y de los problemas de esos países. Subrayaré a este respecto la

utilidad de los esfuerzos que se han hecho para normalizar los ensayos acerca de las propiedades de coquización de los carbones y, especialmente, de los trabajos de la Comisión Internacional de Carbones de Ginebra, en los cuales han participado activamente nuestros laboratorios del Cerchar.

Combustibles cargados con 10% de agua

- Carbón coquizante de Bajos volátiles
- Carbón de altos volátiles
- Polvo de coque.

Mano de obra

Explotación:

- Dirección
- Obreros

Conservación:

- Dirección
- Obreros
- 0,12 hora de obrero.

Gas de calentamiento:

- Hornos de coque (gas H. F.)
- Secador de polvo.

Elementos:

- Conservación, equivalente a
- Transporte interno, equivalente a
- Vapor
- Energía
- Agua
- Acido Sulfúrico 60° B
- Acido Sulfúrico 66° B
- Aceite para lavado
- Diversos, equivalente a

Las producciones correspondientes serían las siguientes:

Coques:

- Siderúrgico
- 20-40
- 10-20
- Polvo.

Gas de 4,2 th. P. C. I./m³

Subproductos:

- Alquitrán
- Sulfato de amonio
- Benzoles finos
- Naftalina y aceite usado

CARACTERISTICAS DE LOS CARBONES CITADOS

Indice de esponjamiento	M. V. con materia orgánica pura
Indice Gray King	Composición en seco, excluidas las cenizas

I. Principales categorías de la cuenca Sarrororense

- Contenido medio en volátiles A
- Contenido medio en volátiles B
- Contenido alto en volátiles A
- Contenido alto en volátiles B

II. Carbones provenientes de dicha cuenca

Saint-Charles

, , ,
, , ,

III. Centro Carbones franceses (para coque 2)

IV. Carbones alemanes diversos

- Ruhr (para coque)
- Aquisgrán
- Carolus Magunos

Ensayo Gray King - Definición

Se caracteriza el poder de coquización por comparación de los pallones que se obtienen mediante cocción del carbón en una retorta con calentamiento anular (5° por minuto de 300 a 600). La clasificación se efectúa de acuerdo con una escala de pallones que comprenda de las antracitas hasta los carbones poco dilatables, atribuyéndose a los pallones un índice A., B., G.

En el caso de los carbones más dilatables, la caracterización se hace a base de la cantidad de inerte (carbón de electrodo normal) necesaria para evitar el aumento del volumen durante la coquefacción: G₁, G₂ si 1/20 o 2/20 bastan.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Indice de dilatación:

- Norma AFNOR NF - M 11 001.
- British standards institution N° 1016 - 1942.
- “British standard methods for the analysis and testing of coal and coke”. Págs. 64 a 70.

MODERNO SISTEMA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA USOS INDUSTRIALES

En vista de la necesidad generalizada de una información completa y correcta sobre este tema, y como servicio especial a los lectores interesados, el Sr. Eskill Nordell, autoridad internacional en la química y el tratamiento del agua, accedió al ruego de que redactara un resumen del tratamiento del agua, que ofrecemos a continuación. El autor de este artículo es Administrador de los Laboratorios de la Permutit Co., de New York, fabricantes de equipos de acondicionar agua, y autor del libro titulado "Water Treatment for Industrial and Other Uses" (Tratamiento del Agua para Usos Industriales y Otros), publicado recientemente por la Reinhold Publishing Corp., de la ciudad de Nueva York.

Consideraciones generales

Las industrias consumen enormes cantidades de agua. Para hacer una tonelada de acero se necesitan 175 toneladas de agua, para hacer una tonelada de papel 680 toneladas de agua, y para hacer una tonelada de aluminio 1230 toneladas de agua. Por consiguiente, el agua es la más generalizadamente empleada de todas las materias primas. Pero, como todas las demás materias primas, el agua no se encuentra en forma pura, sino que contiene algunas impurezas, cuya naturaleza y cuantía varían según los diversos suministros de agua. Por ejemplo, un suministro de superficie puede contener impurezas visibles, como el cieno en suspensión y materias colorantes, a la vez que invisibles sustancias minerales disueltas. En cambio, el agua de un pozo profundo puede ser incolora y cristalina hasta el punto de que es no sólo inofensiva sino en realidad atrayente a la vista, y sin embargo puede contener mucho más de sustancias minerales disueltas que la de origen superficial de aspecto muy fangoso y repulsivo.

Es evidente que las impurezas visibles son inconvenientes para casi todas las aplicaciones, porque manchan y ensucian todo lo que pueda ponerse en contacto con ellas. De ahí que, si el agua contiene tales impurezas visibles, habrán de ser eliminadas por un proceso de clarificación antes de usar el agua. No obstante, aun-

que no siempre sea advertido inmediatamente, la remoción de las impurezas visibles no es remedio de todos los males del agua para uso industrial. Porque esas impurezas disueltas e invisibles pueden ocasionar gran diversidad de engorros, dependiendo de su naturaleza y de las proporciones en que existan. Por ejemplo, la dureza del agua da lugar a la formación de incrustaciones duras como la roca, en las calderas, los calentadores de agua, y en los accesorios y las tuberías de agua caliente. Además, en todas las operaciones de elaboración en húmedo donde se emplee el jabón u otros detergentes alcalinos, el agua dura malgasta materiales valiosos y origina muchas dificultades en la elaboración.

Las dificultades y los gastos que causan las impurezas del agua pueden reducirse al mínimo eliminando o disminuyendo las impurezas nocivas, dentro de tolerancias inocuas. Estas tolerancias varían en las diversas industrias, dependiendo de las aplicaciones en que se use el agua. Por ejemplo, las especificaciones del agua para una fábrica textil son bastante diferentes de las especificaciones para una instalación de embotellar. Incluso pueden ser bastante diferentes las especificaciones del agua para las diversas aplicaciones en que es usada por la misma industria.

También puede variar considerablemente en fábricas diferentes el tipo y el grado de tratamiento empleados para cumplir un conjunto determinado de especificaciones. Por ejemplo, una fábrica textil puede disponer de una clase turbia de agua de superficie y por lo tanto, el tratamiento necesario ha de comprender coagulación, sedimentación, filtración, cloración y ablandamiento; mientras que otra fábrica textil puede disponer de agua clara de pozo profundo, exenta de hierro, que no necesitará más tratamiento que el de ablandamiento.

Aplicaciones clasificadas de los tratamientos

Estos hechos han de ser tenidos en cuenta cuando se estudie la Tabla I en la que están enumeradas las aplicaciones de tratamiento del agua para uso industrial, para 100 industrias

GUIA DE LAS APLICACIONES DEL
TRATAMIENTO MODERNO DEL AGUA
PARA USO INDUSTRIAL

APLICA-
CIONES DEL
AGUA

PROCESOS
DE TRATAMIENTO
DEL AGUA

Alimentación de calderas
Enfriamiento
Procedimiento
General

Zeolita (Cang. de Cat. p. r. Sodio)
Cang. de Cationes por Hidrógeno
Cal-sosa en Frío
Cal-sosa en Caliente
Desmineralización
Filtración
Remoción de Hierro y Manganeseo

Fábricas de ácidos
Fábricas de álcalis
Panaderías
Blanquerías
Astilleros
Centrales de calderas
Talleres de embotellar
Fábricas de cajas
Fábricas y talleres del latón
Cervecerías
Ladrilleras
Edificios públicos, privados, de oficinas, etc.
Fábricas de botes de conservas
Fábricas de conservas alimenticias
Fábricas de cemento
Fábricas de cereales
Fábricas de quesos
Fábricas de productos químicos
Fábricas de tabaco, cigarros y cigarrillos
Frutas críticas; cultivadores y envasadores
Fábricas de ropas
Carbón; minas e industrias
Instalaciones de cámaras frigoríficas
Talleres de tonelería
Cobre: minas, refinerías, talleres, etc.
Talleres de cordelería
Fábricas de corcho
Fábricas de género de algodón
Fábrica de cuchillería
Lactuarios
Centrales eléctricas con motores Diesel
Destilerías
Compañías drogadoras
Perforadoras de pozos
Centrales eléctricas para luz y fuerza
Fábricas de baterías de acumuladores
Fábricas de piensos
Fábricas de fertilizantes
Pesquerías
Molinos harineros
Fábricas de muebles
Fábricas de gas
Fábricas de vidrio
Fábricas de colas
Minas de oro
Fábricas de productos de yeso

Fábricas de sombreros .....	.	.	.	.
Fábricas de calcetería .....	.	.	.	.
Fábricas de hielo .....	.	.	.	.
Minas y talleres del hierro .....	.	.	.	.
Fábricas de yute .....	.	.	.	.
Fábricas de géneros de punto .....	.	.	.	.
Laboratorio .....	.	.	.	.
Fábricas de laca .....	.	.	.	.
Lavanderías .....	.	.	.	.
Minas y fábricas de productos de plomo .....	.	.	.	.
Curtidurías .....	.	.	.	.
Productos de cal .....	.	.	.	.
Fábricas de lencería .....	.	.	.	.
Fábricas de linóleo .....	.	.	.	.
Maderas; aserraderos y talleres .....	.	.	.	.
Talleres mecánicos y fabricantes .....	.	.	.	.
Fábricas de conservas y carnes .....	.	.	.	.
Estampación de metales y talleres de galvanoplastia .....	.	.	.	.
Salitre; minas y talleres .....	.	.	.	.
Pozos petrolíferos .....	.	.	.	.
Fabricantes de pinturas y colorantes .....	.	.	.	.
Fábricas de papel, diversas .....	.	.	.	.
Alfarerías .....	.	.	.	.
Fábricas de pasta de madera para hacer papel .....	.	.	.	.
Estaciones de bombeo .....	.	.	.	.
Canteras .....	.	.	.	.
Ferrocarriles; vapor, eléctricos y Diesel .....	.	.	.	.
Fábricas y talleres de rayón .....	.	.	.	.
Refinerías de aceites comestibles .....	.	.	.	.
Refinerías del petróleo .....	.	.	.	.
Talleres de laminación .....	.	.	.	.
Talleres y fábricas de caucho .....	.	.	.	.
Productos de sal .....	.	.	.	.
Talleres de láminas y tubos .....	.	.	.	.
Fábricas de calzado .....	.	.	.	.
Fabricantes de artículos de plata .....	.	.	.	.
Fábricas de jabón .....	.	.	.	.
Fabricantes de solventes .....	.	.	.	.
Fábricas siderúrgicas .....	.	.	.	.
Azúcar; plantaciones y refinerías .....	.	.	.	.
Compañías de azufre .....	.	.	.	.
Talleres de tanques .....	.	.	.	.
Fabricantes de tanino .....	.	.	.	.
Campos de trementina .....	.	.	.	.
Fabricantes de barnices .....	.	.	.	.
Talleres de vagones o furgones .....	.	.	.	.
Fabricantes de tableros de fibra prensada .....	.	.	.	.
Fabricantes de papel tapiz .....	.	.	.	.
Abastecimientos de aguas; públicos y privados .....	.	.	.	.
Tejedores .....	.	.	.	.
Fábricas de alambre .....	.	.	.	.
Fábricas de géneros de lana .....	.	.	.	.
Fabricantes de lavaduras .....	.	.	.	.
Minas y refinerías del zinc .....	.	.	.	.

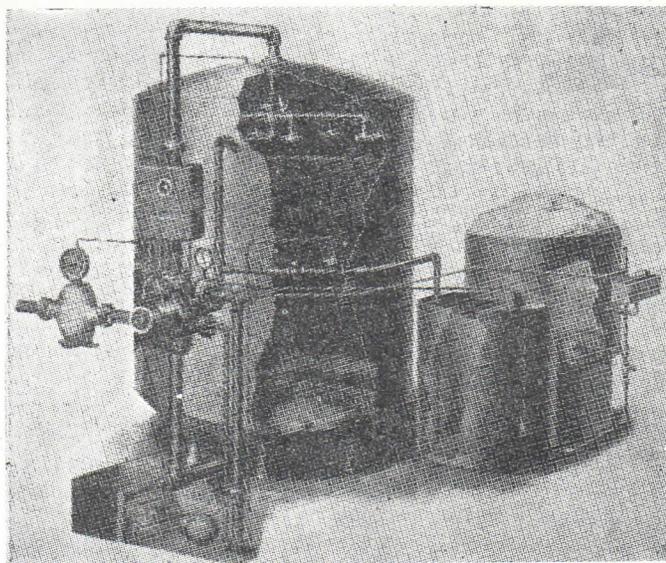
diferentes —(1) alimentación de calderas, (2) enfriamiento, (3) elaboración, y (4) general; y los tratamientos (1) zeolita (canjeador de cationes por sodio), (2) canjeador de cationes por hidrógeno, (3) cal-sosa en frío, (4) cal-sosa en caliente, (5) desmineralización, (6) filtración, y (7) remoción del hierro y el manganeso. La Tabla I es el resultado de un estudio real en los E. U. A. y otros países, y representa un resumen de las prácticas exigidas y recomendadas.

Factores en la clarificación del agua

Al considerar el tratamiento del agua es conveniente considerar (1) las formas de tratamiento empleadas para clarificar las aguas turbias o las coloreadas, o ambas cosas a la vez, y (2) las formas de tratamiento necesarias para el agua que sea naturalmente clara o que se haya puesto clara por medio de tratamiento.

Tanto los sedimentos como las materias en suspensión, que generalmente son la causa de la llamada turbidez, son inconvenientes por razones evidentes. Sedimento es el nombre aplicado generalmente al fango, la arena o el legamo, relativamente gruesos y que se precipitan

Las impurezas orgánicas que se encuentran en el agua de abastecimiento consisten en materia soluble o coloidal procedente de la descomposición de materias orgánicas, y se manifiestan generalmente por el color y por organismos vivos o muertos. Las impurezas orgánicas se en-



ABLANDADOR automático Permutit o Canjeador de cationes por sodio, para el agua; centro — depósito dosificador de la salmuera; y derecha — depósito de almacenamiento de la sal húmeda.

fácilmente, encontrados en el agua. La turbidez o materias en suspensión son los nombres aplicados generalmente a las materias finamente divididas y en estado coloidal que se encuentran en el agua. Sin embargo, a menudo no se establece ninguna diferencia entre sedimentos y materias en suspensión, y ambas impurezas se consideran juntas y se miden como turbidez.

Los sedimentos y la turbidez son comunes en las aguas de superficie, mientras que las de pozos profundos suelen estar generalmente exentas de ellas. En el caso de los arroyos de corriente rápida, los contenidos de sedimentos y la turbidez varían considerablemente con las estaciones del año y la cantidad de lluvias, y es frecuente que cambien mucho en sólo pocas horas. En el caso de lagunas grandes, lagos o embalses, el agua puede estar relativamente exenta de turbidez la mayor parte del tiempo, pero después de una tormenta o en las épocas de transición de primavera u otoño, (a causa de los cambios de la temperatura), tales aguas pueden ponerse muy turbias.

cuentran comúnmente en las aguas de superficie, y son pocas o no existen en las aguas de pozos profundos. Las aguas procedentes de zonas pantanosas son generalmente muy coloreadas. En tales casos hay también presente a menudo hierro o manganeso, ya sea en forma orgánica o coloidal.

Brotos orgánicos

Los brotos orgánicos son frecuentes en las aguas de superficie, en las aguas de cualquier origen que hayan estado estancadas en embalses al descubierto, y en las aguas usadas repetidamente. Las algas, los hongos, *crenotherix*, *beggiatoa*, lágamos y otros brotos orgánicos, pueden ocasionar manchas, coloración, sabores y olores inconvenientes en los materiales elaborados, y también pueden causar obstrucción de las tuberías, bombas o instalaciones de recirculación.

En resumen, los brotos de algas ocurren en las aguas relativamente en reposo, y expuestas

a los rayos solares. Para aniquilarlos se emplea el cloro y el sulfato de cobre, y los embalses suelen ser cubiertos cuando se quiere evitar su desarrollo. La bacteria *Crenothrix* y otras del hierro y el manganeso pueden evitarse mediante la remoción del hierro y del manganeso, o de ambos, seguida de cloración. Las bacterias del azufre pueden ser destruidas por medio de la cloración. Si hubiera cantidades apreciables de sulfuro de hidrógeno en el agua, la cloración debe ser precedida por una aeración.

Sedimentación

Si el suministro de agua es extraído de un río de corriente rápida y contiene grandes cantidades de sedimentos gruesos que se posan fácilmente, la sedimentación antes de la congelación suele dar por resultado un ahorro de productos químicos coagulantes.

Excepto en el caso de períodos de detención extremadamente prolongados, la sedimentación no suele realizar una clarificación perfecta del agua y, por consiguiente, hay que considerarla simplemente como un tratamiento preliminar para las aguas de la naturaleza expuesta. Para lograr una clarificación perfecta suele ser necesario aplicar una coagulación, seguida de sedimentación y filtración.

Coagulación y sedimentación

La coagulación se aplica para la remoción de las substancias finamente divididas y colorantes, en suspensión en el agua. Consiste en agregar al agua una substancia, denominada coagulante, que reacciona con la alcalinidad natural del agua, o bien con una alcalinidad añadida, para producir un precipitado gelatinoso que atrapa o absorbe la turbidez o el color, produciendo agregados más gruesos, llamados "coágulos", los cuales pueden ser eliminados después por medio de la sedimentación y la filtración.

El coagulante más generalmente empleado es el sulfato de aluminio. Hay otros coagulantes como el cloruro de aluminio, el sulfato férrico, el sulfato ferroso, la caparrosa clorada, y el aluminato sódico. Cuando se emplean sales ferrosas, han de ser oxidadas, ya sea por medio de aire o de algún otro agente oxidante, para que adquieran la forma férrica a fin de asegurar su remoción completa sin dificultad alguna.

Para una coagulación eficiente es necesario mantener el índice pH de iones de hidrógeno del agua dentro de una escala determinada de valores. En términos generales, el sulfato de aluminio coagula bien entre los valores de cinco a

siete del índice de iones de hidrógeno, pero hay que determinar el valor óptimo de dicho índice para cada suministro de agua de superficie. Las aguas que coagulan más fácilmente son aquellas que muestran constantemente una cantidad apreciable de turbidez y que contienen también cantidades apreciables de minerales disueltos. El agua de un color muy subido y de poca turbidez y pocos minerales disueltos, es generalmente la más difícil de coagular.

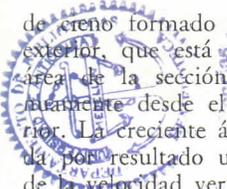
Además de mantener el apropiado índice (pH), la adecuada agitación mecánica es de gran importancia para la formación de coágulos tenaces que sedimenten fácilmente. La agitación adecuada ensancha también la escala de valores del índice (pH) en que puede obtenerse una buena coagulación, y da por resultado una economía en los productos químicos empleados. En el caso de aguas que tengan un color muy subido, poca turbidez y poco contenido de minerales disueltos, se ha observado que la adición de arcilla es muy eficaz para producir una buena coagulación y unos coágulos que sedimenten fácilmente. Las diversas arcillas varían en su utilidad para este fin; además, la arcilla no debe estar muy finamente dividida o reducida a polvo. La coagulación y la sedimentación pueden efectuarse en (1) un Precipitador Permutit, o (2) un Formador de coágulos Permutit con un depósito de detención.

Planta de precipitación típica

Una instalación para la remoción de la turbidez y el color, de 16,000,000 de galones EUA. (60,500 m.³) de agua por día, consiste en 2 Precipitadores Permutit de hormigón, midiendo cada unidad 32 pies y 10 pulgadas (10 m.) de anchura, por 125 pies (38.10 m.) de longitud, por 15 pies (4.57 m.) de profundidad; 5 Alimentadores Permutit del Tipo en Seco para alimentar sulfato de aluminio, sosa comercial y arcilla; y 8 filtros por gravedad, de hormigón, midiendo cada unidad 22 pies (6.70 m.) de anchura, por 32 pies y 9 pulgadas (9.98 m.) de longitud, por 10 pies y 6 pulgadas (3.20 m.) de profundidad.

En el Precipitador, el agua natural entra en la sección mezcladora central donde son agregados los productos químicos y se mezclan con el agua. Por medio de una agitación regulada se producen grandes coágulos tenaces a medida que pasa el agua descendiendo por ella.

Al salir por las lumbreras que hay en el fondo de esta sección interior, el agua sube entonces, siendo sedimentada y filtrada a través de una profundidad determinada previamente



de cieno formado anteriormente en la sección exterior, que está diseñada de manera que el área de la sección transversal aumente continuamente desde el fondo hasta la parte superior. La creciente área de la sección transversal da por resultado una disminución progresiva de la velocidad vertical del agua a medida que asciende desde el fondo al vertedero de salida en la parte superior de esta cámara. A un nivel intermedio, la velocidad de la circulación del agua se hace menor que la velocidad de sedimentación de los coágulos, los cuales se quedan atrás. En la práctica hay un plano claro de demarcación entre la capa de cieno y el agua clara. Toda la nueva agua con coágulos que llega, ha de atravesar la capa de cieno, lo que da por resultado la aglomeración de los nuevos coágulos con partículas del cieno sedimentado y un máximo efecto absorbente y filtrante de los coágulos.

El período de detención en los tipos antiguos de depósitos de sedimentación que era generalmente de cuatro a seis horas, suele ser solamente de 60 a 70 minutos en el nuevo y eficiente precipitador, lo que da por resultado un volumen muy reducido de la instalación. Cuando sea necesario, el líquido que sale del precipitador después de la sedimentación puede ser clarificado todavía más haciéndolo pasar por filtros.

Formador de coágulos Permutit

Otro tipo de equipo de coagulación y sedimentación es el "Flocformer" o Formador de coágulos. En esta instalación, los compartimientos del Formador de coágulos están en el lado izquierdo y el depósito de sedimentación está en el lado derecho. El agua cruda, al entrar en la primera cámara del Formador de coágulos, es mezclada rápida y perfectamente con los productos químicos suministrados por los alimentadores, por medio de bomba o por gravedad.

El agua así tratada circula después sucesivamente a través de las otras cámaras, cada una de las cuales está provista de agitadores rotatorios regulados de manera tal que produzcan unos coágulos grandes, tenaces y que sedimentan fácilmente. Si la velocidad de la agitación fuera demasiado pequeña se formarían coágulos deficientes, mientras que si es excesiva la velocidad de rotación de los agitadores, tenderán a romper las partículas de coágulos.

Desde los últimos compartimientos del Formador de coágulos, el agua entra en un depósito con deflectores para la sedimentación, donde la mayor parte de los coágulos, con su carga arrastrada de turbidez y color, sedimentan en

el fondo y se descargan a través de un sistema de remoción del cieno. La clarificación final se efectúa ulteriormente en filtros.

Filtros

Después de la coagulación y la sedimentación se emplean generalmente filtros de arena. Su función es extraer toda materia insoluble que permanezca en el agua después de la coagulación y la sedimentación, y suministrar así un líquido claro, limpio, transparente e incoloro. El medio filtrante que es empleado más frecuentemente es la arena, y de ahí proviene el nombre de filtros de arena. Sin embargo, también tiene partidarios la antracita triturada y clasificada por tamaños, como medio filtrante.

El empleo de coagulantes dejó anticuados los antiguos filtros lentos de arena o ingleses, que ahora son reemplazados por los filtros norteamericanos de régimen rápido. Estos pueden ser clasificados en dos grupos —el tipo de presión y el tipo por gravedad. En el tipo de presión, el recipiente para el medio filtrante es una vasija cerrada de acero, diseñada para las presiones necesarias. En el tipo por gravedad, el recipiente del medio filtrante es un casco de acero, de madera o de hormigón.

Aunque el filtro por gravedad difiere en su diseño del filtro de presión, los principios y los métodos de funcionamiento son muy semejantes. Durante la pasada de filtración, el agua circula hacia abajo a través del filtro, y entonces, el agente filtrante granular extrae las partículas sólidas que no han sido eliminadas en la sedimentación. Al final de la pasada de filtración se limpia el filtro lavándolo con una fuerte corriente de agua hacia arriba o en sentido contrario, a través de la capa filtrante, y así se eliminan las materias solubles acumuladas que son arrastradas por el agua al conducto de evacuación de sobrantes. Después se enjuaga el filtro en sentido descendente para que asiente la capa filtrante y quede en el estado debido para funcionar, y se vuelve a poner en servicio el filtro.

La coagulación, la sedimentación y la filtración, cuando son llevadas a cabo adecuadamente, eliminan la turbidez, el color, las materias en estado coloidal que haya en suspensión, el hierro o el manganeso orgánicos, o ambos, y efectúa una reducción considerable de los micro-organismos. Sin embargo, estos procesos no eliminan los minerales disueltos y, por consiguiente, el grado de dureza del agua es casi tan grande después de la filtración como antes de ella.

El desinfectante más generalmente empleado para exterminar los brotes orgánicos es el cloro. Puede ser aplicado antes que los otros tratamientos, lo que se llama precloración; o después, que se llama post-cloración; o antes y después. El sulfato de cobre es muy empleado generalmente para exterminar las algas en las lagunas y los depósitos descubiertos.

Remoción del hierro y el manganeso

El hierro es una impureza del agua extremadamente engorrosa. Mancha y promueve el brote de masas obstructivas de bacterias del hierro. El manganeso es todavía más engorroso, aunque menos frecuente, afortunadamente.

Estos dos elementos son muy insolubles en su modo de presentarse y en sus propiedades, y se eliminan por medio de procesos similares, que aquí consideramos juntamente. En las aguas de pozos profundos pueden presentarse como bicarbonatos solubles e incoloros; en las aguas ácidas pueden estar en la forma de sulfatos; y en las aguas de superficie, en formas orgánicas o coloidales.

Los bicarbonatos pueden ser eliminados por medio de: (1) aeración, sedimentación y filtración; (2) canje de cationes por sodio; (3) canje de cationes por hidrógeno; y (4) por zeolita-manganeso. En el primer proceso, el hierro se elimina muy fácilmente si el índice pH es superior a 7,0; pero el manganeso exige, o bien (a) un índice pH superior a 10, o bien (b) una filtración a través de filtros "sazonados" (filtros a cuyo través se ha filtrado agua manganesífera hasta que los gránulos del filtro se hayan revestido de una capa de manganeso depositado que actúa entonces como catalizador en la oxidación del manganeso). La instalación para la remoción del hierro y el manganeso y para el ablandamiento del agua consiste en: (1) aerador; (2) alimentadores de sustancias químicas; (3) Precipitador Permutit; y (4) filtros por gravedad.

En el proceso bien conocido de canje de cationes por sodio o zeolita, el hierro y el manganeso son eliminados simultáneamente con la dureza. Además, en el proceso del canje de cationes por hidrógeno, el hierro y el manganeso son eliminados simultáneamente con la remoción de los otros cationes.

En el proceso de la zeolita-manganeso, el hierro y el manganeso son eliminados filtrando el agua a través de una capa de zeolita-manganeso que los oxida en forma insoluble y las extrae del agua. Además de los lavados en sen-

tido inverso para evacuar periódicamente esas acumulaciones, se necesita una regeneración con permanganato potásico a intervalos determinados de antemano.

En las aguas ácidas, el hierro o el manganeso, o ambos, pueden ser eliminados por medio de (1) neutralización, aeración, sedimentación y filtración, o (2) por el proceso de canje de cationes por hidrógeno.

El hierro o el manganeso, o ambos, presentes en forma orgánica o coloidal, no son eliminados por ninguno de los procesos precedentes, pero pueden serlo con mucho éxito por medio de coagulación, sedimentación y filtración.

Dureza

Las pérdidas económicas causadas por la dureza son cuantiosas. Cada grano por galón (17 partes por millón) de dureza en 1000 galones

Tabla 2: Desperdicios de Jabón Puro
Por 1000 galones EUA (3,785 litros) de aguas que tengan diversos grados de dureza.

PUREZA DEL AGUA		DESPERDICIO	
Gramos por Galón EUA (3.785 litros)	Gramos por m ³ (Partes por millón)	Jabón puro Libras	Kilos
1	17	1.5	0.68
2	34	3.0	1.36
3	51	4.5	2.04
4	69	6.0	2.72
5	86	7.5	3.40
6	103	9.0	4.08
8	137	12.0	5.44
10	171	15.0	6.80
12	206	18.0	8.16
14	240	21.0	9.52
16	274	24.0	10.88
18	309	27.0	12.24
20	343	30.0	13.60
25	429	37.5	17.00
30	514	45.0	20.40
35	600	52.5	23.80
40	686	60.0	27.20

de agua usada con jabón desperdicia 1½ libras de jabón. Como se muestra en la Tabla 2, este desperdicio de jabón con aguas que tienen una dureza de 1 a 40 granos por galón (17 a 686 partes por millón) es de 1½ a 60 libras (0.68 a 27.20 kilos) por millar de galones de agua. La economía en jabón y otros detergentes alcalinos lograda mediante el ablandamiento del agua en los establecimientos industriales que emplean diversos métodos de depuración va-

rían considerablemente, tanto como desde 30 hasta 75 por ciento.

El rendimiento de la inversión en equipo ablandador en tales establecimientos raramente baja del 40 por ciento y con frecuencia es mayor del 100 por ciento.

La formación de incrustaciones en las calderas de vapor puede ser cosa muy grave, porque este aislamiento "donde no debe estar" puede hacer que falle el metal de la caldera. El régimen de transmisión de calor a través de las incrustaciones del agua dura es tan pobre que varía, con incrustaciones diferentes, desde $K=0.75$ hasta $K=1.5$ B. T. U. por pie cuadrado de superficie (2.035 a 4.07 kilocalorías por m^2), por cada pie (30.5 cm.) de espesor, por hora, y por cada grado Fahrenheit (0.555 de grado C.) de diferencia de temperatura. Este coeficiente es, por comparación, $K=26.0$ para el acero y $K=0.75$ para el ladrillo refractario. La tabla 3 muestra las elevaciones de las temperaturas de metal de la caldera, sobre las temperaturas del agua en la caldera, causadas por 0.1 de pulgada (2.54 mm.) de espesor de las incrustaciones, para diversos regímenes de transmisión del calor.

A elevados regímenes de transmisión del calor, las incrustaciones de la caldera no deben ser toleradas ni siquiera en un muy delgado espesor. A menores presiones y menores regímenes de transmisión del calor, las incrustaciones de muy poco espesor no son cosa grave. Por supuesto, las incrustaciones son un engorro costoso en una caldera acuotubular pero en una caldera ígneo-tubular, como son las calderas de las locomotoras, son todavía más costosas. Por ejemplo, cuando la compañía de ferrocarriles Southern Pacific instaló ablandadores del agua a lo largo de sus vías férreas, se observó que en 16 estaciones se conseguían economías de 391,500 dólares cada año, en mano de obra y materiales, sobre una inversión de sólo 139,883 dólares en el equipo ablandador del agua. En otras palabras, obtuvieron un ingreso anual del 280 por ciento de su inversión.

Ablandamiento del agua

Las dificultades, los peligros y los gastos causados por el agua dura pueden ser evitados ablandando el agua.

El ablandamiento del agua puede efectuarse ya sea por el proceso de canje de iones, o bien, por el proceso de la precipitación. En la primera categoría entran (1) el proceso de la zeolita o canje de cationes por sodio, (2) en proceso de canje de cationes por hidrógeno, y (3)

el proceso de la desmineralización. En la segunda categoría entran (1) el proceso de la cal-sosa en frío, y (2) el proceso de la cal-sosa en caliente y sus modificaciones. Hay también otros procesos en combinación —como el proceso de la zeolita y cal en frío y el proceso de la zeolita y cal en caliente. Los describiremos brevemente por el orden en que han sido enunciados.

Proceso de la zeolita

El canjeador de zeolita o de cationes por sodio a emplear puede ser uno de los tipos siguientes: (1) un canjeador de cationes inorgánicos (zeolita), tal como el Decal-so o Zeo-Dur Permutit; (2) un canjeador de cationes carbonosos, como el Zeo-Karb Permutit; o (3) un canjeador de cationes de resina sintética, como el Permutit Q. Cualquiera que sea el tipo empleado, lo es en la forma de una capa que puede tener de 24 a 100 pulgadas (61 a 254 cm.) de profundidad. El recipiente, que contiene la zeolita, puede ser ya sea del tipo por gravedad en recipiente abierto, o del tipo de presión en cilindro de acero totalmente cerrado.

Con el objeto de ablandar el agua dura por este proceso sólo es necesario hacerla circular a través de una capa del canjeador de cationes tipo granular o de glóbulos, el cual extrae la dureza del agua por medio del canje de cationes. El ablandamiento efectuado es casi completo. Cuando la capacidad de ablandar el agua haya sido agotada en la capa, el conjunto ablandador se pone fuera de servicio para regenerar el canjeador de cationes. Esta regeneración consiste en tres operaciones, llamadas lavado en sentido inverso, saladura y enjuague.

El lavado en sentido inverso consiste en hacer que pase una fuerte corriente de agua hacia arriba y a través de la capa, lo cual sirve para aflojarla, limpiarla y reclasificarla hidráulicamente.

La saladura consiste en tratar la capa con una cantidad determinada previamente de una solución de sal común. Cuando la solución de cloruro de sodio entra en contacto con el canjeador de cationes, le quita el magnesio y la cal que se hayan acumulado en la forma de cloruros muy solubles, y simultáneamente repone el canjeador de cationes en su anterior estado activo o de sodio.

El enjuague, como su nombre indica, consiste simplemente en enjuagar los cloruros de cal y magnesia, además de cualquier exceso de sal, afuera de la capa. Después del enjuague, el conjunto ablandador es puesto nuevamente en ser-

Tabla 3: Efecto de las incrustaciones de 0.1 de pulgada (2.5 mm.) de espesor, sobre las temperaturas del metal de las calderas (con conductividades térmicas de $K = 1.5$ y $K = 0.75$ B. T. U. por pie cuadrado de superficie, por pie de espesor, por hora, y por grado F.).

Régimen de transmisión del calor, en B. T. U. por pie ² y en (Kilocalorías por m ²), por hora.	Elevaciones de las temperaturas del metal de la caldera, sobre la Elevaciones de las temperaturas del metal de la caldera, sobre las temperaturas del agua en la caldera, en grados Fahrenheit y Centígrados.	
	$K = 1.5$	$K = 0.75$
20,000 (54,000)	111° F. (61.6° C.)	222° F. (123.2° C.)
40,000 (108,000)	222° F. (123.2° C.)	444° F. (246.4° C.)
60,000 (163,000)	333° F. (183.2° C.)	667° F. (370.2° C.)
80,000 (217,000)	444° F. (246.4° C.)	889° F. (493.4° C.)
100,000 (271,000)	556° F. (308.6° C.)	1111° F. (616.6° C.)
120,000 (325,000)	667° F. (370.2° C.)	1333° F. (739.8° C.)
140,000 (380,000)	778° F. (431.8° C.)	1556° F. (863.6° C.)

vicio, listo para ablandar otra cantidad igual de agua dura.

Estos ciclos de ablandamiento y regeneración pueden ser repetidos indefinidamente, porque el desgaste y uso en un canjeador de cationes fabricado o preparado correctamente, es muy pequeño. Por consiguiente, todo lo que se necesita para mantener el ablandador funcionando a su capacidad inicial, es añadir anualmente solamente unas cantidades muy pequeñas del canjeador de cationes.

Modernos ablandadores del agua, por medio de canjeador de cationes por sodio

Desde su descubrimiento hace unos cuarenta años se han realizado grandes perfeccionamientos tanto en el equipo como en los canjeadores de cationes en él empleados. Las zeolitas que se empleaban inicialmente eran lentas en su acción ablandadora, así como en su regeneración. Por consiguiente, el agua dura tenía que pasar lentamente a través de la capa de zeolita y la regeneración invertía generalmente 8 horas o más.

Los modernos canjeadores de cationes pueden ablandar el agua casi tan rápidamente como pueda hacerse que pase a su través, y la regeneración puede efectuarse casi con igual rapidez. Además, su rendimiento se ha acrecentado considerablemente de modo que el consumo de sal es ahora de sólo 0.3 a 0.45 de libra por kilogramo (1000 gramos) de dureza que se haya eliminado, mientras que la primera zeolita comercial exigía una libra de sal por kilogramo.

Ablandadores automáticos del agua por medio de canjeador de cationes por sodio

Actualmente hay disponibles perfecciona-

mientos mecánicos todavía mayores en la forma del más reciente ablandador completamente automático del agua, en el cual, el acostumbrado grupo de válvulas individuales es reemplazado por una sola válvula de lumbreras múltiples, actuada por un pequeño motor eléctrico conectado a los controles eléctricos de sincronización, que actúan el motor para hacer que gire la válvula de lumbreras múltiples a sus posiciones sucesivas, y haciendo así que el ablandador recorra automáticamente el ciclo de ponerse fuera de servicio al final de la operación de ablandamiento; lavado en sentido inverso; saladura con la cantidad exacta de salmuera; enjuague y retorno al servicio de ablandamiento.

Canjeador de cationes por hidrógeno

Los canjeadores de cationes que se emplean en el proceso de canje de cationes por hidrógeno son: (1) canjeadores de cationes carbonosos; (2) canjeadores de cationes de resina sintética. Este proceso difiere del canje de cationes por sodio en lo que sigue: canjea hidrógeno, en vez de sodio, por los cationes extraídos del agua; reduce la alcalinidad a cualquier grado que se desee; elimina el sodio, así como el calcio y el magnesio; y es regenerado con ácido en vez de con cloruro sódico.

En todo lo demás, el funcionamiento del canjeador de cationes por hidrógeno es similar al del canjeador de cationes por sodio. Es decir, la capa del agente canjeador es contenida en un recipiente inatacable por el ácido, y elimina los cationes de calcio, magnesio y sodio, a medida que el agua circula a su través. Después, cuando se ha agotado la capacidad utilizable de la capa, ésta es regenerada para reponerla en su estado inicial activo o de hidrógeno.

Con los bicarbonatos, el canje forma el ácido carbónico teórico, que inmediatamente se descompone formando anhídrido carbónico y agua. El anhídrido carbónico es eliminado por aeración y desgasificación. Por consiguiente, si el agua contiene solamente los bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio, el líquido que sale después de la aeración sería de la calidad del agua destilada. Sin embargo, casi todas las aguas contienen algunos sulfatos y cloruros, así como bicarbonatos, y aquellos, al pasar por la capa, son convertidos en las cantidades correspondientes de ácido sulfúrico y clorhídrico, los cuales pueden ser neutralizados o eliminados. La neutralización puede efectuarse ya sea añadiendo las dosis correctamente proporcionales de sosa cáustica o sosa comercial al líquido que sale después de la aeración, o bien ablandando una porción del agua a través del canjeador de cationes por hidrógeno y otra porción a través de un canjeador de cationes por sodio, y mezclando después los líquidos que salen en proporciones tales que la alcalinidad del último líquido neutralice la acidez del primero, y se obtenga el grado cualquiera de alcalinidad exigido en el líquido final.

El líquido que sale ácido puede en lugar ser desaijado haciéndolo pasar a través de un canjeador de aniones, como se describe más adelante.

Desmineralización por canje de iones

El proceso de desmineralización por canje de iones puede ser efectuado para eliminar toda materia mineral, o hasta dejar sólo la sílice. En el primer caso se emplea un canjeador de aniones fuertemente básico, como el Permutit, para eliminar los aniones; mientras que en el último caso se emplea un canjeador de aniones débilmente básico, como el "De-acidite" Permutit.

Cuando se emplea un canjeador de aniones débilmente básico, la disposición usual del equipo consiste en (1) canjeador de cationes por hidrógeno, (2) canjeador de aniones débilmente ácido, y (3) desgasificador. Cuando se emplea un canjeador de aniones fuertemente básico, el desgasificador se coloca entre el canjeador de cationes por hidrógeno y el canjeador de aniones, en vez de a continuación del canjeador de aniones. La razón para ello es que el canjeador de aniones fuertemente básico elimina el anhídrido carbónico, y es mucho más económico eliminar el anhídrido carbónico formado de los bicarbonatos, por medio de aeración que por el canje de iones.

Otras disposiciones pueden ser entres fases con un desgasificador, donde se emplea un can-

jeador de aniones débilmente básico para eliminar los ácidos fuertemente ionizados, y un canjeador de aniones fuertemente básico para eliminar los ácidos débilmente ionizados; en cuatro fases con una disposición de desgasificador, en la cual se efectúa la circulación por todas las unidades, excepto durante la regeneración cuando se emplean sólo las dos últimas unidades de la serie, ligeramente usadas, mientras se están regenerando las dos primeras unidades considerablemente usadas; una disposición de capa mezclada en la que los canjeadores de aniones y de cationes están en la misma capa, mezclándose durante la operación de la desmineralización y separándose hidráulicamente para la regeneración; y una disposición en dos fases sin desgasificador, que puede ser empleada cuando el contenido de bicarbonatos en el agua natural es pequeño, o cuando las cantidades totales de agua a tratar no son grandes.

Al final de la operación de la desmineralización, el canjeador de cationes por hidrógeno es regenerado generalmente con ácido sulfúrico diluido, mientras que el canjeador de aniones, del tipo fuertemente básico, es regenerado con una solución de sosa cáustica. El de tipo débilmente básico puede ser regenerado con una solución de sosa comercial.

El proceso de la cal en frío

El proceso de cal-sosa o cal en frío para ablandar el agua es un proceso de precipitación. Las sustancias químicas —cal, o cal y sosa comercial— son añadidas al agua fría donde reaccionan con los constituyentes de la dureza para formar precipitaciones que son eliminados por sedimentación, con filtración o sin ella.

Las cantidades necesarias de sustancias químicas dependen de los resultados que se deseen. Por ejemplo, si se desea reducir solamente el contenido de bicarbonatos, entonces se añade cal en la cantidad justamente suficiente para conseguir ese fin. Si se desea reducir también el contenido de magnesio, entonces se añade más cal; mientras que, si el agua tiene dureza a causa de sustancias que no son carbonatos, y se quiere reducir esa dureza, entonces se añade sosa comercial.

La función de la cal es eliminar el anhídrido carbónico; para cambiar los bicarbonatos en carbonatos, y para cambiar los compuestos de magnesio en su hidróxido. La función de la sosa comercial es cambiar la dureza debida a sustancias que no son carbonatos, en dureza de carbonatos. Además se emplea a menudo un

coagulante, generalmente el sulfato de aluminio, para ayudar a que sedimenten los precipitados. El cieno producido consiste principalmente en carbonato cálcico o hidróxido de magnesio.

En el Precipitador Permutit, el agua y las sustancias químicas son mezcladas perfectamente y filtradas a través del cieno formado anteriormente. Este contacto íntimo con la fase sólida impide la saturación excesiva y, por consiguiente, produce un líquido estable. Debido a esta, el período de detención en el precipitador sólo tiene que ser de una hora, en vez de las cuatro horas necesarias en los tipos antiguos.

El proceso de la cal en frío es muy adaptable y puede ser aplicado para reducir solamente la dureza de bicarbonato o alcalinidad; o bien, sin exceso de sustancias químicas, para reducir la dureza total hasta cuatro a cinco granos por galón EUA; o bien, con exceso de sustancias químicas, como se suele hacer para los ferrocarriles, para reducir la dureza total hasta un grano por galón.

Además, mediante el empleo de magnesia o cal dolomítica, puede emplearse para reducir el contenido de sílice, así como la dureza. Otro método es emplearla en el proceso de cal-zeolita en combinación o en dos fases. En esta disposición, la dureza de bicarbonatos se reduce generalmente en la primera fase, y la dureza causada por sustancias que no son carbonatos se reduce en la segunda fase, a la vez que la dureza residual de bicarbonatos que es reducida por medio de la zeolita.

Proceso de cal-sosa en caliente

En el proceso de cal-sosa en caliente para ablandar el agua, ésta es calentada primeramente a la temperatura del punto de ebullición o cerca de ella; después es tratada con las dosis necesarias de cal hidratada y sosa comercial, entonces se deja sedimentar, y finalmente es filtrada. La cal y la sosa comercial reaccionan con la dureza para precipitar el calcio y el magnesio que haya en el agua dura, además de la cal añadida, en la forma de un cieno que contiene carbonato cálcico o hidróxido de magnesio.

Como las reacciones químicas progresan mucho más rápidamente a mayores temperaturas, se puede conseguir un ablandamiento más completo con este proceso que con el proceso en frío. En el proceso de la cal-sosa en caliente, un exceso de dos granos por galón (34 partes por millón) de sustancias químicas producirá un líquido a la salida que contiene una dureza

total de calcio y magnesio inferior a 1.5 grano por galón EUA (26 partes por millón). Como el agua ha de ser calentada hasta el punto de ebullición aproximadamente, el proceso de la cal-sosa en caliente está limitado a aquellas aplicaciones donde el agua ha de usarse caliente—principalmente para la alimentación de calderas.

El equipo empleado en este proceso, cuando se trata el agua para calderas de vapor a presión elevada, consiste generalmente en los cinco elementos siguientes:

- 1). Calentador primario
- 2). Alimentación de sustancias químicas.
- 3). Depósito de sedimentación.
- 4). Calentador para la desaeración.
- 5). Filtros.

Para ablandar el agua de alimentación para calderas de baja presión, el cuarto elemento —el calentador para desaeración— es omitido generalmente.

El vapor del escape suele ser empleado para calentar el agua cruda y, cuando se emplea un calentador para la desaeración, todo el vapor empleado se hace que pase primero a través del agua ya tratada y caliente en el calentador para la desaeración, efectuándose así un lavado completo y la desaeración, antes de que pase al calentador primario.

En el calentador primario, el agua es pulverizada descendiendo a través del vapor en la parte superior del depósito de sedimentación. Este calentamiento suelta el anhídrido carbónico libre y el oxígeno y el nitrógeno disueltos que haya en el agua, y los descarga a la atmósfera, ya sea a través de un respiradero o un condensador con respiradero. La desaeración que tiene lugar en este calentador primario es suficiente para reducir el oxígeno disuelto desde los límites de saturación hasta menos de 0.3 cm.³ por litro, lo cual es suficiente para las calderas de vapor a baja presión. Mediante el uso de un calentador desaerador, como el último descrito, el oxígeno puede ser reducido a menos de 0.01 cm.³ por litro.

Las sustancias químicas, cal hidratada y sosa comercial, son introducidas en las proporciones correctas dentro del agua, desde un depósito alimentador químico provisto de un agitador mecánico para mantener la cal en suspensión.

Las sustancias químicas son alimentadas para este proceso en cantidades exactamente dosificadas para el volumen de agua a tratar.

Las sustancias químicas reaccionan con el agua caliente para precipitar, no sólo la cal que exista en el agua, sino la cal añadida, en la forma de carbonato cálcico; y el magnesio en la

de hidróxido de magnesio. Estos precipitados se van haciendo mayores y más pesados a medida que el agua pasa lentamente hacia abajo en el depósito de sedimentación, y se acumulan en el fondo del ablandador formando una capa de cieno, a cuyo través ha de subir el agua tratada. Esta capa de cieno es de utilidad especial en la remoción de la sílice con el empleo de cal dolomítica o magnesia activada.

Desde el desagüe, el agua ya tratada pasa entonces, ya sea a los filtros o, si se necesita una desaeración completa, al calentador desaerador que puede formar parte integrante del depósito de sedimentación, o ser una pieza separada del equipo. En este calentador, el agua es lavada perfectamente con todo el vapor necesario para el calentador primario. Como la temperatura del agua que entra en el desaerador no se diferencia ni en un par de grados de la temperatura del vapor, se efectúa una desaeración muy completa, proporcionando un líquido a la salida con menos de 0.01 cm.³ de oxígeno disuelto por litro. El agua que sale del desaerador después de sedimentar, y que contiene sólo una cantidad relativamente pequeña de materia floculante, es pasada después por unos filtros, y de allí es conducida para utilizarla en servicio. Estos filtros son del tipo a presión, cerrados, y están llenos de un medio filtrante no silíceo, como la calcita o la antracita esmeradamente clasificadas por tamaños, y soportadas por varias capas de material sucesivamente más grueso. La razón para emplear material no silíceo, en vez de la grava y la arena acostumbradas, es evitar todo riesgo de que el líquido alcalino y caliente que sale del depósito de sedimentación pueda captar alguna sílice.

ción pueda captar alguna sílice.

Para evitar que se obstruya el filtro hay que lavarlo en sentido inverso con agua sedimentada y caliente, la cual es recuperada en el depósito de sedimentación.

Los filtros son suministradores generalmente en baterías de dos o más unidades, dispuestas para lavarlos alternativamente en sentido inverso, y así se consigue un funcionamiento continuo para la alimentación regular de calderas. Después del ablandamiento pueden emplearse determinadas sustancias químicas correctivas, como un fosfato, para evitar la formación de incrustaciones en las tuberías de alimentación de las calderas.

Los primeros tipos de zeolitas eran incapaces de servir con el líquido caliente que sale de un ablandador de cal-sosa en caliente para el agua, pero el nuevo tipo en glóbulos de los canjeadores sintéticos de cationes, como el Permutit Q, no es afectado por el agua alcalina caliente. En este tipo de equipo, el ablandador en proceso caliente es seguido por un ablandador de canjeador de cationes por sodio. En tal disposición, el ablandador del proceso en caliente puede ser para tratamiento a la cal solamente, y en este caso, el canjeador de cationes por sodio elimina toda la dureza debida a sustancias que no son carbonatos; o bien, el ablandador del proceso en caliente puede ser dosificado con cal y con sosa, y en este caso, la zeolita elimina sólo la dureza residual. En cualquiera de los casos, el líquido que sale al final tiene una dureza casi nula y por consiguiente ahorra cantidades apreciables del fosfato usado en las calderas.

Tomado de *Exportador Americano Industrial*



Tres tantos de
GINGER LUX
por uno de ron
forman un
delicioso
cocktail.

LA FABRICA DE LAS GASEDAS FINAS
LUX

IMPREGNACION AL VACIO DE PIEZAS FUNDIDAS

Durante la II Guerra Mundial, algunas piezas fundidas porosas, tanto de hierro como de otros metales, eran reparadas para hacerlas utilizables y evitar desecharlas precisamente cuando más se necesitaba aumentar la producción. Para impregnarlas se empleó un material de relleno que cerraba sus poros más o menos permanentemente, permitiendo su empleo a presiones moderadas de agua, aire, o aceite —como en el caso de las piezas de fundición de magnesio en los aviones.

De nuevo es importante producir hasta el máximo y otra vez la impregnación de piezas fundidas que resultan con ligeros defectos, se vuelve a practicar, aunque con mayor eficiencia que antes. Materiales tales como el silicato de sodio, los aceites de linaza o de tung, resinas y combinaciones oleoresinosas, y aun nuevos compuestos, fuérganse en los poros por acción del vacío, por presión o por ambos medios.

La porosidad en las piezas fundidas débese generalmente a un diseño deficiente, defectos físicos, o a impropia fundición de las mismas. El costo de las piezas defectuosas se va acrecentando y puede llegar a ser excesivo; el trabajo de fundirlas es la primera y más patente de las pérdidas; puede asimismo resultar desperdicio en el fresado y acabado, porque en muchos casos el defecto sólo puede descubrirse en la inspección final.

Se puede evitar gran parte de este costo impregnando las piezas al vacío, pues usualmente se reduce así la posibilidad de que el comprador las rehuse en los ensayos y de que ocurran fallas al usarlas. El costo es tan moderado que con frecuencia resulta más barato impregnar, sea o no necesario. De hecho, la impregnación —empleada previamente sólo para recuperación y reparaciones— actualmente se practica más y más como parte del procedimiento corriente a que todas las piezas se someten según salen de los moldes.

Las autoridades militares y el gobierno recomiendan las técnicas admitidas como norma para el beneficio de las piezas y estipulan que el procedimiento habrá de usarse exclusivamente para corregir infiltración y fina porosidad —no para mayor porosidad, esponjosidad, sopladuras, rajaduras mecánicas, y condiciones análogas. Las piezas fundidas en arena, en moldes permanentes y las troqueladas se tratan con éxito

por impregnación, mas las de materiales no ferrosos predominan por su mayor propensión a la porosidad.

La impregnación se ejecuta por regla general después del fresado aunque no afecta esta operación. Los materiales de impregnación anteriormente usados eran: el silicato de sodio y productos afines, y aceite de linaza o de tung. Sin embargo hay ahora un cierto número de nuevos materiales que son más eficaces y han reemplazado a los anteriores.

Entre estos últimos hállanse la resina y las combinaciones oleoresinosas, como por ejemplo el estireno con aceite de linaza o aceite de ricino deshidratado, varios rellenos "Permafils", de la General Electric, "Styrene DMI" de Dow, selladura Westaern Sealant's PE-1 (resina pura), y ciertas resinas de bakelita. Estos son compuestos de fraguado térmico, y varían en propiedades y en la proporción de los componentes volátiles y la resina, su resistencia a los cambios de temperatura, los solventes y las sustancias químicas.

Otros compuestos más recientes son: el "Rappack", de la Kirk White Chemical Company, y el "Mougul Cast Seal Type B", de la Metallizing Company of América, los cuales son de fraguado al aire libre y no requieren còchura. Muchos de los compuestos de estos dos grupos más nuevos se representan como 100 por ciento sólidos en solución verdadera, no sujetos a contracción durante el secamiento o la cura.

Los mejores impregnantes son los de baja viscosidad y baja volatilidad, y que se secan o curan como materiales sólidos infusibles con poca o ninguna pérdida de volumen. Deberán resistir temperaturas hasta de 149°C. sin que se afecte la facilidad para trabajar a máquina la parte impregnada.

Hay cinco métodos de impregnación: El primero y más antiguo es el de inmersión de la pieza fundida en un receptáculo hermético sobre el que se ejerce presión. Tiene, sin embargo el gran defecto de que se comprime aire en agujeros microscòpicos o pasos capilares. Después de la descomposición, el aire mismo expulsará al impregnarse de algunos de los poros. Y aunque puentes sólidos de impregnante cubren otros poros, las piezas son susceptibles de romperse al emplearlas.

El segundo método es por presión interna, por el cual piezas algo grandes se sellan excepto en una sola lumbrera. Se introduce, el impregnante y se aplica la presión en la lumbrera de entrada, los poros y conductos capilares sellan del interior hacia afuera. Este método es costoso.

El tercer método, que consiste en emplear presión externa por inmersión en piladas, adolece de las mismas desventajas que el primero, pero permite tratar más piezas a menor costo por unidad.

El cuarto método es de impregnación al vacío por inmersión en piladas, seguidas de presión, y se adapta tanto a piezas grandes aisladas como a varias piezas pequeñas en artesas o cestas.

El quinto método es por vacío solamente, en el cual todas las lumbreras se sellan y una de ellas tiene conexión de vacío o succión. La pieza fundida se sumerge en el compuesto sellante y se hace el vacío para obligar al compuesto a penetrar en las paredes de la pieza de afuera hacia adentro.

Las dependencias del gobierno no admiten el primer método y prefieren el segundo y el cuarto. Los tres primeros meramente sellan las entradas, creando el riesgo de que el desgaste consiguiente al uso, la corrosión, o la electrólisis pudieran exponer nuevos defectos. La impregnación al vacío, seguida de presión, es indiscutiblemente el procedimiento más satisfactorio.

El primer paso en la impregnación al vacío es una completa limpieza y desengrase, más estregado con varios de los compuestos alcalinos de limpiar que se emplean habitualmente, tales como el "Solvesso N° 2", el "Anso A" y la nafta hidrogenada. Las piezas de fundición de magnesio sin trabajar a máquina se limpian mejor en un baño líquido con del 3 al 10 por ciento de ácido sulfúrico, para remover ó, 051 mm. de la superficie metálica; en seguida se lavan en agua fría, y finalmente en agua caliente. Las piezas deberán secarse después a unos 121°C, para eliminar la humedad superficial y los solventes y gases que pudieran hallarse encerrados en los poros. De hecho, el magnesio demanda especial atención. Las recomendaciones varían desde calentamiento a 107°C por dos horas, hasta uno a 177°C. por una hora, todas las piezas debiendo enfriarse a la temperatura ambiente cuando se les carga dentro de la cámara de vacío.

Cuando se tratan piezas pequeñas en piladas, por conveniencia en el manejo al sacarlas, se evitará el que se aglomeren y acopen. El va-

cío se lleva hasta 0,71 cm. o más, o hasta que el manómetro permanezca fijo, y se deja así por 20 minutos; después de lo cual la pieza deberá estar completamente libre de aire y humedad. Los conductos capilares, canales microscópicos, y poros están vacíos de aire y no ofrecen resistencia a la entrada del impregnante.

Para admitir este último a la cámara de vacío, la válvula de interconexión entre el tanque del vacío y el del impregnante se abre. El aire es admitido a este último mientras la bomba neumática continúa haciendo el vacío en el tanque respectivo. El impregnante circula entonces hacia el tanque del vacío hasta que las piezas estén cubiertas según se observe a través de los vidrios indicadores.

La presión se aplica al impregnante introduciendo gas inerte o aire encima de él después de cerrar la válvula de interconexión, así como la tubería del vacío —una presión de 4,2 a 7 kg./cm² aplicada durante un período de 20 a 40 minutos, por lo menos, es la usual. Un operario que ha tenido buen éxito concede 15 minutos por cada 6,4 mm. de material penetrado o sea, una hora cada 25 mm. como máximo.

Después de suspender la presión, el impregnante se retorna a su tanque por acción de vacío o invirtiendo las válvulas. Las piezas fundidas se sacan, se escurren y se lavan en acetona, acetato de butilo, "Solvatone", Oakite en agua, o productos de limpieza similares.

Viene después el secamiento al horno, excepto cuando se usan impregnantes de cura al aire. Los fabricantes de estos impregnantes dan instrucciones completas respecto a la cura. Las temperaturas varían generalmente de 121°C a 149°C, pero el tiempo varía considerablemente: por ejemplo, de 10 minutos a 5 horas. Después del secado al horno, las piezas se enfrían y ensayan generalmente a una presión 50 por ciento superior a la de trabajo, como margen de seguridad. Algunos de los ensayos no deberán efectuarse hasta pasadas 48 horas.

Las piezas de magnesio en ocasiones se curan en baño de aceite y requieren lavado y secamiento antes del enfriamiento y el ensayo. Usualmente basta una sola impregnación para piezas fundidas que pueden hacerse a prueba de escapes, más algunas veces se necesitan dos y tres impregnaciones.

Es interesante notar que un proceso idéntico con impregnación al vacío se usa ordinariamente para unir materiales diferentes cuando hayan de estar en contacto superficies bastante amplias. Plásticos y acero, acero y aluminio, cobre y neopreno, y otros muchos materiales —sepa-

rada y mutuamente— pueden unirse de este modo después de arreglar propiamente las caras que hayan de adherirse. De esto resultan elevados esfuerzos cortantes y de tensión. Además, los impregnantes de elevadas propiedades die-

létricas, empleados en esta forma, previenen eficazmente la producción de electrólisis entre metales de diferentes características anódicas.

(Hull, L. W., *Journal of Metals*, D, 1, p. 30. (1952).)



La ayuda de los ex-alumnos constituye el patrimonio que todos ellos deben formar como retribución a la madre intelectual

ESTUDIADAS LAS REACCIONES QUE SE DESARROLLAN EN LOS MOTORES PARA CAUSAR DEPOSICION DE PLOMO

Se ofrece una explicación de la formación de depósitos en las máquinas.

Los químicos han descubierto ya la manera como se forman en los motores de los automóviles los depósitos de plomo que tan gran desperdicio de energía ocasionan; y a la fecha ya han logrado también alterar la naturaleza de estos como primer paso en un amplio programa de investigación, cuyo objeto es el de reducir al mínimo los efectos de dichos depósitos en el funcionamiento de los carros de motor. Esta afirmación fue hecha por el Dr. W. E. Newby, de la casa E. I. du Pont de Nemours and Company, Deepwater, New Jersey, en una conferencia dictada ante la División de Química del Petróleo, de la Sociedad de Química de los Estados Unidos, durante la 122ª Reunión Anual de ésta. El señor L. F. Dumont, fue coautor del informe en referencia.

El Dr. Newby dijo que como los depósitos en los motores constituyen una de las principales dificultades con que se tropieza para el desarrollo de máquinas más eficientes, así como para el mejor empleo de las gasolinas, esos depósitos son un serio problema tanto para la industria de los automotores como para la del petróleo. "Se ha descubierto que los depósitos de los motores están formados por una mezcla de materiales alquitranados y pequeñas fracciones de sales yesosas de plomo, los cuales no son removidos de los cilindros de las máquinas por la corriente del escape", explicó el Dr. Newby; añadiendo, que en su informe se limitaría a tratar de esas fracciones de plomo.

"Los trabajos llevados a cabo por los investigadores científicos en los laboratorios químicos y de motores, así como también con gran número de carros en las carreteras, han demostrado que debido a una serie de reacciones químicas que ocurren en el corto período de 3/100 de segundo, se llegan a formar hasta 18 compuestos químicos. Se ha observado asimismo, que el curso de esas reacciones depende principalmente de la temperatura de las superficies de la cámara de combustión del motor.

"Estos estudios muestran que el material que juega el principal papel en las reacciones que dan origen a la formación de depósitos es el óxido de plomo. Para poder reducir la formación de dichos depósitos o lograr un cambio en sus propiedades, hay necesidad de emplear materiales que reaccionen con esa substancia activa. En los carros de motor el óxido de plomo solo se encuentra disponible para esas reacciones modificadoras durante un corto período de tiempo, ya que ese producto es rápidamente convertido en compuestos de depósitos relativamente inertes. Se conocen y se están ya usando ciertos materiales que contienen plomo tetraetilo y que convierten al óxido de plomo en compuestos que pueden ser removidos con suma facilidad por el escape. Actualmente estamos tratando de obtener nuevos materiales de adición para la gasolina que sean más efectivos para remover los depósitos de los motores que los que hoy día se usan.

"La formación de depósitos en las paredes de la cámara de combustión de los motores de gasolina durante el funcionamiento normal de los mismos, aumenta la tendencia de los combustibles al golpeo. Es muy poca la información que se posee sobre el mecanismo de la reacción mediante la cual se forman esos depósitos con los combustibles que contienen plomo tetraetilo; y como ese conocimiento proporcionaría una mejor comprensión de las maneras como podría prevenirse o reducirse la formación de los depósitos se ha emprendido el estudio de dichas reacciones. Prácticamente todas las gasolinas contienen ahora plomo tetraetilo para elevar el número de octanos o mejorar su resistencia al golpeo. Aun cuando casi todos los productos de descomposición de ese compuesto de plomo son removidos de la cámara de combustión con los gases de escape, siempre se queda en forma de sales inorgánicas de plomo una pequeña cantidad de ellos. Además de las sales de plomo los depósitos contienen ciertos materiales carbonáceos que resultan de la combustión incompleta del combustible y el aceite lubricante, así como pequeñas cantidades de compuestos metálicos y no metálicos.

“Cualquier investigación que tenga por objeto averiguar el mecanismo mediante el cual se forma esa estructura tan complicada, debe comprender el estudio y aislamiento sistemáticos de cada uno de los factores influyentes. En este trabajo, los estudios se limitaron a investigar las reacciones que tienen lugar en la formación de la porción de sales de plomo de los depósitos. El estudio consistió en cálculos termodinámicos teóricos, pruebas experimentales en el banco del laboratorio y experimentos con motores de un solo cilindro. Las reacciones que ocurren durante la formación de los depósitos de sales de plomo, y que han podido analizarse pueden resumirse así: el óxido gaseoso de plomo producido por la combustión del plomo tetraetilo no experimenta reacciones en estado de vapor excepto en el caso especial en que la película de gas cercada a una cámara de combustión se encuentre fría. En esas condiciones especiales pueden los haloides del nitrógeno convertirlo en haloides gaseosos de plomo. El óxido sólido de plomo

que se condensa tiene una vida muy corta como elemento constitutivo de los depósitos. Los gases ácidos lo atacan y forman entonces sales simples de plomo o reacciona con esas sales, en reacción de estado sólido para formar oxisales complejas de plomo.

“El curso de las reacciones depende de la temperatura de las paredes de la cámara de combustión. Cuando dichas paredes se encuentran limpias y relativamente frías esto es como a 200 grados centígrados, las reacciones dan por resultado la formación de un depósito de haloides de plomo. Después de que debido al desarrollo del depósito se ha formado una capa aisladora, las superficies mencionadas se vuelven más calientes y se forman varios compuestos de grados de fusión más altos. Cuando ciertas áreas de la cámara de combustión tales como la válvula de escape o la bujía se vuelven muy calientes, cambia la composición de los depósitos de modo que ya sólo se encuentran compuestos cuyos puntos de fusión son muy elevados”.

NUEVO METODO PARA DETECTAR GASES EN LA COMBUSTION INCOMPLETA DE HIDROCARBUROS

En la Quinta Conferencia Científica Anual, celebrada por la Sección de North Jersey de la Sociedad de Química de los Estados Unidos, tres químicos de los Laboratorios Esso, de Linden, New Jersey, describieron una nueva prueba de bomba fría que permite descubrir la contaminación del aire causada por los gases de escape de los automóviles, barcos, quemadores de aceite, y plantas industriales.

Según el informe presentado por Ernest R. Quiram, S. J. Metro, y J. B. Lewis, la nueva prueba permite medir en la atmósfera los gases de hidrocarburo formados por la combustión incompleta de los combustibles. Muchos hombres de ciencia creen que la “niebla venenosa” (mezcla de neblina y humo deletéreo) llamada en inglés “smog”, se debe en parte a la interacción de esos hidrocarburos y el ozono del aire.

En la referida prueba, los gases se recogen por medio de su absorción en una sustancia silícica gelatinosa, que se mantiene a una temperatura de 100° F. Estos gases se pasan después a la “bomba” que está formada por un recipiente vacío de acero inoxidable. Un espectrómetro

apropiado mide entonces la cantidad de los gases contenidos en la bomba y muestra la clase de ellos.

Con esta nueva prueba, se pueden también descubrir en la atmósfera los compuestos de azufre y el monóxido de carbono, pero la cantidad de esas sustancias no se puede determinar con exactitud. Con el fin de probar la eficiencia del nuevo método, se preparó una “niebla venenosa sintética” en el laboratorio. Como tipo, se usaron unas mezclas que contenían como 1/10 de uno por ciento de hidrocarburos, las que se mezclaron con compuestos de azufre, monóxido de carbono y nitrógeno. Los resultados indican que con este método se puede medir hasta el 95 por ciento de los hidrocarburos de la mezcla. La prueba puede mostrar la presencia de cantidades sumamente pequeñas de hidrocarburos en la atmósfera. Es tan sensible, que con ella se pueden descubrir proporciones de hasta tres partes de hidrocarburo en un millón de partes de aire.

“El creciente interés en la contaminación del aire, ha acentuado la importancia de emplear

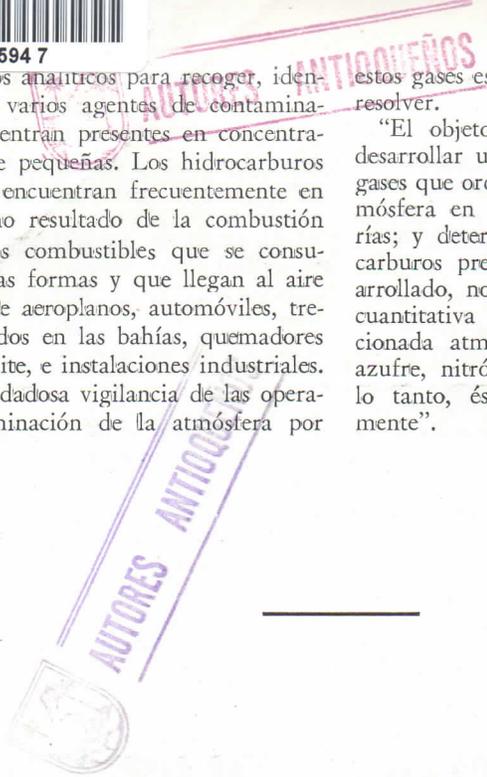


6 1000 00503594 7

técnicas y métodos analíticos para recoger, identificar y evaluar varios agentes de contaminación que se encuentran presentes en concentraciones sumamente pequeñas. Los hidrocarburos y otros gases, se encuentran frecuentemente en la atmósfera como resultado de la combustión incompleta de los combustibles que se consumen en numerosas formas y que llegan al aire por los escapes de aeroplanos, automóviles, trenes, barcos anclados en las bahías, quemadores domésticos de aceite, e instalaciones industriales. A pesar de la cuidadosa vigilancia de las operaciones, la contaminación de la atmósfera por

estos gases es todavía un problema que hay que resolver.

“El objeto de esta investigación fue el desarrollar un método para identificar aquellos gases que ordinariamente se encuentran en la atmósfera en las áreas en donde existen refinerías; y determinar cuantitativamente los hidrocarburos presentes. El método finalmente desarrollado, no está destinado para la evaluación cuantitativa de otros componentes de la mencionada atmósfera, tales como compuestos de azufre, nitrógeno y óxidos de carbono; y por lo tanto, éstos deben determinarse separadamente”.



Su
C
C
Pr
to

MA

**“EL ARTE INFANTIL”
Y
“CONFECCIONES LINA”**

Domingo L. Spataro
Empresa de bordados

Fabricamos toda clase de artículos para señoras, niños y niñas.

**CALIDAD, ELEGANCIA Y
DISTINCION**

Apartados: Aéreo 1554
 Nal. 177

CALI

**J. FINNIN
& CIA. LTDA.**

MEDELLIN - BOGOTA

**INGENIEROS
ELECTRICISTAS**
