

ESTUDIO SOBRE LA RECUPERACION TERMOQUIMICA DE LAS LEJIAS NEGRAS

Por Felipe Peñalba e Iñaki Peñalba

Cuando teníamos preparado este trabajo para remitirlo a una revista técnica para su publicación, un buen amigo, condiscípulo de colegio, me rogó lo publicara en la revista MUNIBE, del Grupo de Ciencias Naturales Aranzadi, como colofón de mis artículos publicados en dicha revista.

Nos resistimos a ello, mas las razones aducidas por mi querido amigo nos convencieron, y, suprimiendo de aquel la parte técnica referente a los cálculos térmicos del grupo de evaporadores de múltiple efecto, concentrador por contacto directo, etc., lo presentamos con el único fin de aportar nuestro grano de arena a la solución del problema de los ríos guipuzcoanos, ya que uno de los que colaboran en este trabajo es responsable de su estado actual.

Ahora bien, como ya expuse en uno de mis primeros trabajos, la industria papelera, mejor dicho la de la fabricación de celulosa, se desarrolló rápidamente, ante la imposibilidad de importar celulosa, por lo que se limitó a instalar únicamente los elementos para producir esta, sin que esto quiera decir que no le preocupara la contaminación que sus aguas residuarias podían causar a los ríos, pues es difícil no ser agradecido a los que le dieron vida e impulso.

Además, entonces, las instalaciones de recuperación de lejías negras de pequeña producción quemaban estas en hornos rotativos, difíciles de conducir, de averías frecuentes, bajo rendimiento, etc., y por tanto de dudosa rentabilidad. Posteriormente, cuando la evolución técnica presentó las modernas instalaciones de recuperación, estas se desarrollaron sobre todo en el Norte de Europa para atender a la gran industria de la celulosa, y, como consecuencia, a los constructores de aquellas no les interesa las pequeñas instalaciones, o cotizan precios elevados por estas reduciendo excesivamente su rentabilidad. Ante este hecho, es imprescindible resolver el problema construyendo en España dichas instalaciones, lo cual es factible, pues los problemas técnicos que presentan estas son conocidos, y hoy se dispone de material refractario de calidad adecuada para asegurar el normal funcionamiento de la instalación sin necesidad de renovarlo en periodos de tiempo largos. Haciéndolo así, será posible reducir a un mínimo la contaminación de los ríos y contribuir al aprovechamiento óptimo de la riqueza celulósica de nuestro suelo, y, por consiguiente, al aumento de la renta nacional.

RECUPERACION TERMO-QUIMICA DE LAS LEJIAS NEGRAS

Entre los problemas que la industria papelera nacional tiene planteados para situarse en el mercado internacional, a nuestro juicio, uno de los más importantes es el de la recuperación de las lejías negras producidas en la operación de la fabricación de celulosa llamada lejiado, por las posibilidades que presenta esta recuperación, aun en fábricas de la capacidad de producción de las instaladas en España.

Debido a que la industria de la celulosa nacional emplea como agente químico del lejiado sosa cáustica, o una mezcla de sosa y sulfuro de sodio, la recuperación de las lejías negras es rentable. Sería distinto, si en lugar del lejiado alcalino utilizara uno ácido, ya que, en este caso, la necesidad de emplear en la instalación materiales inoxidables, unida a la impracticabilidad de la recuperación química, harían que la instalación no fuera rentable.

Cabe aplicar diversos métodos de recuperación de los productos sólidos contenidos en las lejías negras, pero el más apropiado a nuestra industria papelera es el referente a la recuperación termo-

química de aquellos. Este es el que mejor se adapta a las características de esta industria, por lo que en este trabajo nos limitaremos a desarrollarlo con todo detalle.

La recuperación de las lejías negras comprende las operaciones fundamentales siguientes:

A) Concentrado de las lejías negras hasta el límite necesario para su combustión en una caldera o generatriz de vapor.

B) Combustión de los residuos sólidos contenidos en las lejías negras.

C) Recuperación del agente químico utilizado en el lejiado que queda, en forma de cenizas, como residuo de la combustión.

LEJIAS NEGRAS

Antes de iniciar la exposición de estos capítulos, nos parece lógico indicar el proceso de formación de las lejías negras, que hemos dicho se producen en la operación del lejiado. La misión de esta es separar de la celulosa las materias incrustantes que la acompañan en la constitución de la materia prima empleada a tal fin. Tratando esta materia con sosa cáustica, etc., en lejiadoras esféricas, en continuo, etc., se produce la separación anterior. La eficacia de este tratamiento depende de la concentración de producto químico en la lejía, de la relación líquido-sólido, de la temperatura de trabajo, de la relación temperatura tiempo, de la duración de la operación, del pretratamiento sufrido, etc.

Bajo la acción del agente químico del lejiado y del calor se separa la celulosa de las materias incrustantes, las que en disolución y suspensión se incorporan al líquido, formando lo que se llama lejía negra, que junto con la celulosa es el resultado de la operación del lejiado. Corresponde a la del lavado la separación de la celulosa del contenido sólido incorporado a la lejía negra; trabajo que debe efectuarse metódicamente, a fin de que la concentración inicial de esta sea máxima. Veamos prácticamente cómo se desarrollan estas operaciones.

LEJIADO

Realizamos el estudio de esta operación en el supuesto de que utilizamos, para simplificarlo, como agente químico del lejiado NaOH, mas el CO_3Na_2 que acompaña a la lejía blanca por la incompleta caustificación del mismo. Omitimos la materia tratada porque las

condiciones del lejado, que a continuación detallamos, pueden producirse con varias materias primas con ligeras variaciones.

Características del lejado

| | | |
|---|-------------|------------|
| Materia prima seca por tda. de celulosa | | 2.326 Kgs. |
| NaOH + CO ₃ Na ₂ | " " " | 358 " |
| Lejía negra | " " " | 1.100 " |
| Contenido sólido en esta | | 167 " |
| Rendimiento en celulosa | | 43% |
| Lejía blanca por tda. de celulosa | | 5.000 Kgs. |
| Temperatura máxima de trabajo | | 160°C. |

Añadimos lejía negra al líquido a utilizar en el lejado para aumentar la concentración inicial de esta, resultante de la operación del lejado.

Para calcular esta concentración hay que añadir al líquido total introducido en la lejiadora el vapor condensado en la misma, que es la que corresponde a la diferencia entre las calorías absorbidas para elevar a la temperatura máxima de trabajo la materia prima, el líquido, la parte metálica, el revestimiento aislante, etc., y las calorías cedidas por estos al descargar la lejiadora. Seguidamente, en forma resumida, calculamos el vapor condensado por tda. de celulosa.

Calorías absorbidas

| | | |
|----------------|--------|-----------|
| Materia prima | | 199.000 |
| Líquidos | | 588.000 |
| Lejiadora | | 99.000 |
| Pérdidas | | 132.000 |
| Total calorías | | 1.018.000 |

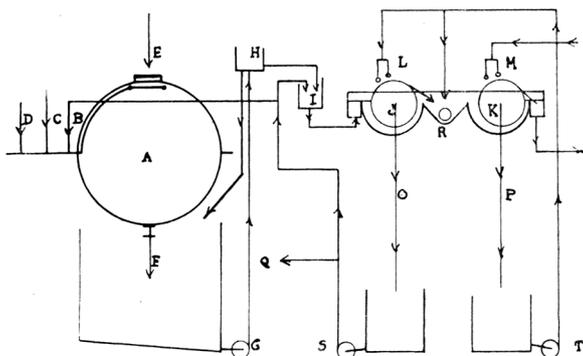
| | | |
|---------------------------------------|--------|------------|
| Vapor necesario alimentando a lo atas | | 1.730 Kgs. |
| Vapor en purgas | | 140 " |

Concluida la operación del lejado, y para descargar la lejiadora, se comienza por reducir la presión en el interior de la misma hasta un límite que depende del método de descarga empleado. Supondremos en nuestro caso que reducimos la presión hasta 1 ata., con lo que la temperatura de los elementos integrantes del lejado bajara a unos 100°C, y el calor cedido será el siguiente:

metódica, a diluciones y concentraciones sucesivas para lograr la difusión de aquella en el agua de lavado.

La industria de la celulosa usa para este objeto filtros de vacío, espesadores, prensas bihelicoidales, etc. En nuestro estudio utilizaremos como sistema de lavado el formado por dos filtros de vacío trabajando en serie, como se indica en el croquis n.º 1.

Croquis N.º 1



A=Lejiadora. B=Cargado lejía negra. C=Idem lejía blanca. D=Idem vapor. E=Cargado mat. pri F=Tina almacenado G=Bomba impulsión celulosa. H=Caja de distribución. I=Caja de mezcla J=1.º filtro de vacío K=2º filtro de vacío L=agua de lavado M=Agua clara de lavado. O=Lejía negra recuperada. Q=Lejía a evaporadores. R=Mezclador. S=Bomba le ne T=Bomba agua resi.

Una bomba recoge la celulosa, junto con la lejía negra que la acompaña, de la tina, etc., anterior, y la conduce al primer filtro de vacío en cuya caja de entrada se diluye hasta el 1,25 %, como se dice en el balance de líquidos-sólidos referente a esta sección y que se detalla más adelante. La celulosa se deposita sobre el cilindro del filtro formando, a una concentración del 8 al 12 %, una capa de celulosa que en su movimiento de rotación con el filtro pasa por la zona de lavado, en la que se añade el agua necesaria a este fin, la que al atravesar la capa de celulosa da origen a diluciones y posteriores concentraciones que facilitan la difusión de las lejías negras retenida por la celulosa y de las que depende la eficacia del lavado. Después la capa de celulosa se concentra del 16 al 18 % y se separa del filtro por medio de cuchillas, rodillo, etc.

A continuación de esta primera fase de lavado la celulosa se diluye de nuevo hasta el 1,25 %, a la entrada del 2.º filtro de vacío, en donde se repite la operación anterior.

Balance de líquidos-sólidos del lavado

1.º lavado

| | | |
|---|--------|--------|
| Valores referentes a una tda. de celulosa | Kgs. | Kgs |
| Concentración a la entrada del 1.º filtro | 1,25% | |
| Líquido-sólido al 1,25 %... .. | 79.000 | |
| aportado por la celulosa | 8.684 | |
| Sólidos aportados por la celulosa | | 1.811 |
| Líquido-sólido en recirculación | 70.315 | |
| Sólidos en recirculación | | 10.680 |
| Agua de lavado, aportada por el 2.º lavado | 8.265 | |
| Sólidos en el agua de lavado... .. | | 202 |
| Total por tda. de celulosa... .. | 87.264 | 12.693 |

Concentración al 16 %

| | | |
|---------------------------------------|--------|-----|
| Líquido-sólido con la celulosa | 5.250 | |
| Sólidos en la celulosa | | 238 |
| Líquido-sólido recuperado | 82.014 | |

A distribuir:

| | | |
|---|--------|--------|
| A recirculación | 70.314 | 10.680 |
| A lejiado | 1.100 | 167 |
| A evaporadores | 10.600 | 1.608 |
| Concentración en producto sólido | | 15,18% |

2.º lavado

| | | |
|---|--------|-------|
| Concentración a la entrada del 2.º filtro | 1,25% | |
| Líquido-sólido al 1,25 %... .. | 79.000 | |
| " " aportado por la celulosa... .. | 5.250 | |
| " " en recirculación | 73.750 | |
| Agua clara de lavado | 8.265 | |
| Sólidos aportados por la celulosa | | 238 |
| " " en recirculación | | 1.803 |
| Total por tda. de celulosa... .. | 87.265 | 2.041 |

Concentración al 16 %

| | | |
|---------------------------------------|--------|----|
| Líquido-sólido con la celulosa | 5.250 | |
| Sólidos con la celulosa | | 36 |
| Líquido-sólido recuperado | 82.014 | |

A distribuir:

| | | |
|---|--------|-------|
| A recirculación | 73.750 | 1.803 |
| A 1.º lavado | 8.265 | 202 |
| Concentración en producto sólido | 2,44 | % |

Del examen del balance anterior se deducen los resultados siguientes :

1.º Separación del circuito de fabricación para su envío a la sección de evaporadores de 10.600 kgs. de lejía negra, por tda de celulosa, con un contenido sólido de 1.600 kgs.

2.º Pérdida de 36 kgs. de producto sólido, por tda. de celulosa, con el líquido que acompaña a la celulosa al final de la operación del lavado.

3.º Posibilidad de verter al río las aguas residuales sobrantes sin que causen perturbaciones al mismo, debido a que al diluir y concentrar de nuevo la celulosa con agua clara, al someterla a las operaciones siguientes, se reduce el contenido sólido del agua a verter al río hasta 1 gr. por litro, aproximadamente, valor que se halla dentro de las exigencias internacionales sobre aguas residuales. Además, el consumo bio-químico de oxígeno de esta agua residual es reducido, tanto por su bajo contenido de sólidos como por la naturaleza de estos.

4.º Necesidad de realizar la operación del lavado en forma metódica para alcanzar la máxima concentración inicial en la lejía negra a enviar a los evaporadores, pues concentraciones bajas harían que la aplicación de este método fuera anti-económico.

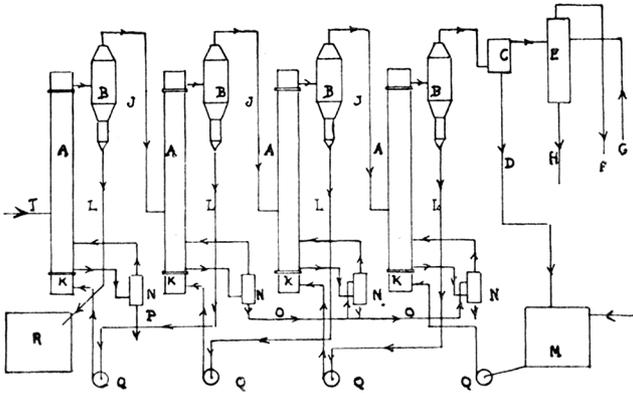
CONCENTRACION DE LAS LEJIAS NEGRAS

Expuesto el proceso de formación de la lejía negra, cantidad recuperada por tda. de celulosa y concentración inicial de la misma, pasamos a estudiar los métodos empleados para concentrarla, por lo menos, hasta un contenido sólido del 50/55 %, para que su combustión sea factible. Esto obliga a evaporar cantidades elevadas de agua que exigen hacerlo en las mejores condiciones económicas.

Puede llevarse a efecto esta operación como sigue:

A) Mediante un grupo de evaporadores de múltiple efecto. Croquis n.º 2.

Croquis N.º 2



A=Evaporador. B=Separador. C=Depósito de seguridad. D=Retorno leña negra. E=Condensador. F=Bomba de vacío. G=Agua condensador H= Columna barométrica. I=Vapor vivo. J=Tubería alimentación vapor múltiple efecto. K=Entrada leña negra. L=Salida leña negra. M=Depósito leña a concentrar. N=Separador vapor/agua. O=Tubería interconexión vapor/agua. P=Vapor condensado a caldera. Q=Bombas. R=Depósito leña concentrada.

B) Idem por evaporadoras de contacto directo de las leñas negras con los humos de la combustión. Croquis n.º 3.

Grupo de evaporadores de múltiple efecto

Este grupo lo forman varios intercambiadores de calor, cada uno de los cuales actúa como condensador del anterior y el último está conectado a un condensador, lo que permite iniciar la evaporación de las leñas a una presión inferior a la atmosférica. El primer intercambiador, o efecto, se alimenta con vapor vivo de 2,5 a 4 atms, con lo que el salto térmico total es bastante elevado.

Según la capacidad de la industria el número de efectos será 3, 4, 5, 6 que forman un triple efecto, un cuádruple efecto, etc. Aumentando el número de efectos mejora el rendimiento térmico, que es el número de kgs. de agua evaporados por kg. de vapor vivo consumido en el primer efecto, y, aproximadamente, igual al producto de 0,8 por el número de efectos.

Los cambiadores de calor, o evaporadores, se basan en el principio de transmisión del calor del vapor a la lejía negra a través de una pared metálica. Existen diversos tipos: de evaporadores, y, a nuestro juicio, el más apropiado, por ser el que menos dificultades crea, es el formado por un haz vertical de tubos de 4 a 9 mts. de largo, mandrinados a dos placas unidas a una envolvente metálica provista de un fuelle de dilatación. Por estos tubos pasa la lejía a concentrar, y por el exterior de los mismos circula el vapor que cede su calor a la lejía negra elevando su temperatura hasta la de ebullición. Esto origina en los tubos una corriente turbulenta que favorece la transmisión del calor y evita, en parte, la formación de incrustaciones en el interior de los tubos. La mezcla de vapor vivo y lejía negra pasa a un separador de vapor. El vapor producido en un cambiador se utiliza como vapor vivo en el precedente y la lejía negra pasa al siguiente para continuar su concentración.

El último efecto, como hemos dicho, está conectado a un condensador, que puede ser del tipo de superficie con bomba húmeda, barométrico de mezcla con su bomba de vacío para incondensables, de eyector con condensación intermedia, de mezcla o superficie, para economizas vapor, etc. Depende su elección del volumen de agua disponible, necesidades de vapor y agua caliente, seguridad de funcionamiento, etc.

Como se dice que en estos aparatos se producen perturbaciones que hacen que su funcionamiento sea irregular y que, como consecuencia, no son apropiados para instalaciones de pequeña producción de celulosa, vamos a exponer las perturbaciones que se originan en los mismos, que son las siguientes:

a) Irregularidades de funcionamiento debidas a entradas de aire en los evaporadores que trabajan a una presión inferior a la atmosférica.

b) Idem idem por desgaste de las empaquetaduras de las bombas de circulación de la lejía negra.

c) Incrustaciones diversas en el interior de los tubos.

d) " " exterior "

Pueden conocerse las primeras controlando la temperatura de ebullición en cada efecto, y se suprimen las segundas empleando empaquetaduras apropiadas a las condiciones de trabajo de las bombas. Siendo ambas visibles su control no ofrece dificultad alguna.

Respecto a los apartados c) y d), el problema tiene más impor-

tancia, por lo que vamos a detenernos en su estudio, clasificando las incrustaciones como sigue :

1.^a Incrustaciones originadas por materias orgánicas. Estas se deben a la descomposición de la materia orgánica por el calor, y aparecen en los evaporadores en los que la concentración de la lejía negra y su temperatura son más altas. Pueden eliminarse haciendo pasar por el evaporador una solución hirviente de NaOH.

2.^a Incrustaciones inorgánicas solubles en agua. Estas se producen por precipitación de SO_4Na_2 que, por bajo grado de reducción en el hogar, puede circular en exceso en la lejía negra. Conduciendo la instalación de recuperación debidamente raramente se forman, y se eliminan circulando agua hirviendo por los tubos del evaporador.

3.^a Incrustaciones inorgánicas insolubles en agua, que provienen de la precipitación de CO_3Ca con materia orgánica. La presencia de CO_3Ca en la lejía negra se debe a una mala decantación en la caustificación y, por tanto, se evitan controlando adecuadamente esta operación. Cuando se forman pueden suprimirse lavando los tubos del evaporador con una solución diluida de ClH , seguido de un raspado de los mismos.

4.^a Incrustaciones, duras y transparentes, que son las que más dificultades presentan, debidas a la formación de un silicato de aluminio y sodio por reacción de SiO_2 , aportado a la lejía por la materia prima lejiada o como impurezas en la cal empleada en la caustificación, con Al_2O_3 , suministrado por descomposición del refractario del hogar de la caldera. Para eliminar este tipo de incrustaciones los hogares modernos son del tipo de paredes frías, en parte recubiertas con ladrillos especiales de cromita, o soasptone, de bajo contenido de Al_2O_3 .

5.^a Incrustaciones que se forman en la parte exterior de los tubos, sobre todo en los últimos evaporadores, originadas por la presencia de SH_2 que reacciona con la parte metálica del evaporador. Estas aparecen al concentrar lejías negras procedentes de un lejiado al sulfato. Desaparecen haciendo circular por el exterior de los tubos, una solución de sosa cáustica al 15 % durante 24 horas a una temperatura de 70°C , continuando, a veces, el tratamiento con ácido fosfórico para neutralizar la alcalinidad y liberar y disolver parte de las incrustaciones. Conviene después de este tratamiento limpiar el fondo del evaporador para extraer los barros depositados en este.

Conclúyese de lo expuesto que los evaporadores, si no se les presta la debida atención, dan lugar a perturbaciones que pueden suprimirse, en su mayor parte, mediante un control apropiado de la

marcha de la instalación, y que, aun en el caso de que se formen incrustaciones, pueden eliminarse sin esfuerzos. Tratándose de lejías derivadas por lejiado con sosa cáustica no se producen las incrustaciones de los puntos 2.º y 5.º.

Balance térmico de los evaporadores de múltiple efecto

Del balance del lavado se concluye que la pérdida en dicha operación es de 36 kgs. por tda. de celulosa, más, para tener en cuenta las pérdidas que se producen en todo proceso de fabricación, supondremos que aquella sea de 74 kgs. por tda. de celulosa, con lo que resulta el balance siguiente por tda. de celulosa:

| | |
|---|-------------|
| Líquido a evaporar... .. | 10.600 Kgs. |
| Contenido sólido en el mismo | 1.570 " |
| Concentración a la entrada de los evaporados... | 14,8% |
| " " salida " " ... | 50,0 % |
| Líquido a evaporar | 7.460 Kgs. |
| Líquido a la salida de los evaporados | 3.140 " |

Vapor necesario en función del N.º de efectos

| N.º de efectos | Kgs. de vapor | Kgs. de agua evaporados |
|----------------|---------------|-------------------------|
| 3 | 3.100 | 7.460 |
| 4 | 2.315 | " |
| 5 | 1.870 | " |
| 6 | 1.550 | " |

Parece, por lo que se deduce del balance anterior, que interesa hacer uso del mayor número de efectos para reducir el consumo de vapor vivo, pero razones de orden económico hacen que para una producción de 15/20 tdas. diarias la instalación más económica es la correspondiente a un cuádruple efecto, porque los gastos referentes al aumento del número de estas son mayores que la economía que aportan.

Por otra parte, interesa, para trabajar con la máxima uniformidad, que la concentración a la salida de los evaporadores no pase del 50%; tendiendo en estos momentos a reducirla hasta el 45 % y concentrar al 60/65% en los evaporadores de contacto directo.

Evaporadores de contacto directo

Para mejorar el rendimiento térmico de la instalación de recuperación, facilitar la combustión de los residuos sólidos de las lejías

negras, purificar en parte los humos, etc., se usa esta clase de evaporador con resultados completamente satisfactorios.

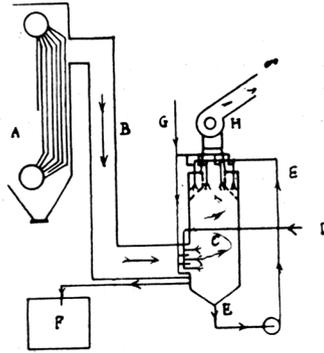
Entre los diversos tipos que se ofrecen en el mercado, uno de los más empleados es el compuesto por dos discos metálicos acoplados a los extremos de un eje que gira lentamente. Soldadas a estos discos van unas chapas curvas dispuesta de modo que entre ellas puedan circular los humos. Este conjunto se coloca en un depósito cuya parte inferior contiene, hasta cierta altura, la lejía negra a concentrar que se alimenta en forma continua. Los humos a su paso a través del evaporador se ponen en contacto con la lejía apartada por las chapas en su movimiento de rotación, a la que ceden parte de su calor sensible con la consiguiente evaporación de líquido. Este en forma de vapor se va con los humos, y la lejía concentrada vuelve al depósito donde se mezcla uniformemente con la lejía negra que se encuentra en este.

Una variante de este tipo de concentrador es el formado por sustitución de las chapas curvas por tubos, con lo que se aumenta la superficie de trabajo, pero consumen más energía eléctrica.

Otro modelo de evaporador que viene utilizándose mucho en instalaciones de media y pequeña producción de celulosa es el de ciclón, constituido por un cilindro de chapa, aislado térmicamente, con una entrada tangencial de humos situada en la parte más baja del mismo. La lejía negra se inyecta en forma de gotas en la corriente de humos y al contacto con estos evapora parte del agua que la acompaña. Por efecto de la fuerza centrífuga las gotas de lejía, procedente de los evaporadores de múltiple efecto, se originan hacia las paredes del concentrador y una corriente de lejía concentrada, que barre dichas paredes desde la parte superior del mismo, las recoge y conduce a un depósito situado en la parte inferior del evaporador. Una bomba que recibe la lejía de este depósito mantiene en circuito cerrado la corriente de barrido, y el sobrante pasa al depósito de alimentación de la caldera.

Además de estos evaporadores se encuentran en el mercado los tipos de Arnaud, Bergstroem & Trobek, y los ciclónicos alimentados con lejía pulverizada, en los que se alcanzan concentraciones del orden del 80 al 90% de producto sólido pero estos solamente son rentables en instalaciones de gran producción.

Croquis Nº 3



A=Caldera. B=Conducto de humos. C=Evaporador por contacto directo. D=Lejía negra de los evaporadores. E=Lejía negra en circuito cerrado. F=Depósito de lejía negra concentrada. G=Vapor H=Ventilador.

Balance térmico de los evaporadores de contacto directo

Teniendo en cuenta las pérdidas por arrastre de líquido con los incondensables, pérdidas en el circuito, etc., el volumen de líquido que llega a los evaporadores de contacto directo, por tda. de celulosa, queda reducido a unos 3.060 kgs. con un contenido sólido de 1.530 kgs., con lo cual resulta el balance simiente:

| | |
|--|------------|
| Concentración a la entrada del evaporador | 50 % |
| Líquido por tda. de celulosa... .. | 3.060 Kgs. |
| Contenido sólido en el mismo... .. | 1.530 " |
| Temperatura del humo a la entrada del evaporador ... | 300 °C |
| " " " salida " " ... | 150 " |
| Concentración a la salida del evaporador | 62,7% |
| Líquido a la salida | 2.330 Kgs. |
| Sólidos en el líquido menos pérdidas en los humos | 1.460 " |

Omitimos el cálculo térmico total de los dos tipos de evaporadores por no considerarlo necesario a la finalidad de este trabajo.

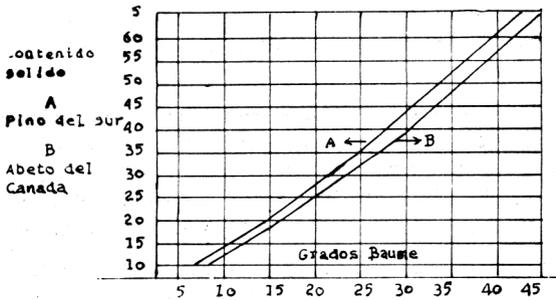
COMBUSTION DE LAS LEJIAS NEGRAS

Para lograr una marcha uniforme en la combustión, teniendo en cuenta el alto contenido de agua en la lejía, su reducido poder calo-

rífico, su gran porcentaje de cenizas, la baja temperatura de fusión de estas, etc., conviene que la concentración de la leña negra a la entrada de la caldera sea uniforme, así como su viscosidad, poder calorífico, etc., por lo que es necesario conocer estas características, y los medios que se dispone para determinarlas, a fin de conducir la combustión en las mejores condiciones.

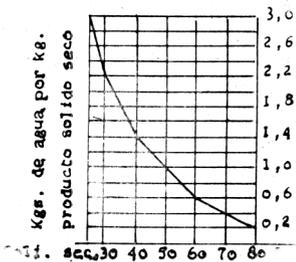
Puede controlarse de una manera rápida el contenido sólido en las leñas usando el Areometro, y el croquis n.º 4 nos indica el valor

Croquis N.º 4

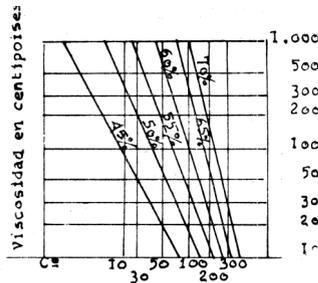


de aquel en función del grado Baumé de la leña negra. El n.º 5 se refiere al contenido de agua por kg. de materia seca, y el n.º 6 nos

Croquis N.º 5



Croquis N.º 6



muestra la variación de la viscosidad, a distintas concentraciones, en función de la temperatura.

Las leñas negras producidas tratando la materia prima con sosa cáustica son más fluidas que las que se obtienen leñándola al sul-

fato; así una lejía procedente de un tratamiento con sosa de un contenido sólido del 80 % tiene la misma viscosidad, a igual temperatura, que otra lejía derivada de un lejiado al sulfato de un contenido sólido del 67 %.

La temperatura de fusión de las cenizas producidas por la combustión de una lejía negra procedente de un lejiado a la sosa es mayor que la correspondiente a otra derivada de un lejiado al sulfato, por lo que es necesario mantener una temperatura superior en el hogar con aquellas que con estas.

El poder calorífico de un kg. de producto sólido seco es bastante variable, de unas 3.000 a 3.900 cal/kg. Este valor depende de la materia prima, relación de materia orgánica a inorgánica, método de lejiado, etc.

También es de gran interés para seguir la marcha de la combustión controlar el peso del aire y de la lejía introducidos en el hogar, así como el peso de los humos producidos, al objeto de, a partir de ellas, calcular, en función del CO₂ u O₂ en éstos, el coeficiente de exceso de aire con el que se está produciendo la combustión.

Cuanto hemos expuesto nos indica la necesidad de concretar, en cada caso particular, todas estas características para que la combustión se lleve a efecto debidamente.

Combustión de las lejías negras

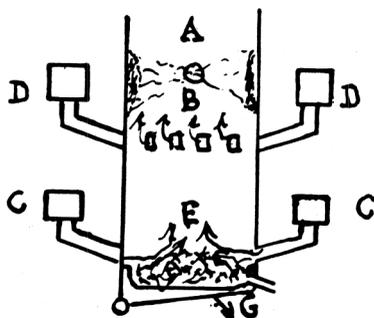
Concentrada la lejía negra, por lo menos al 50/55 %, pasa al depósito de almacenado que alimenta la caldera. Desde éste, previo calentamiento para reducir la viscosidad, se conduce aquélla al depósito mezclador donde se añade la cantidad de alcalí, en forma de SO₄Na₂ tratándose de un lejiado al sulfato, necesario para compensar las pérdidas que se producen de alcalí y compuestos de azufre. Debido a que estas últimas son mayores que las de alcalí es difícil mantener un índice constante de sulfuro, por lo que es conveniente vigilar la composición de la lejía verde asiduamente. Una bomba que recibe la lejía del depósito mezclador la impulsa al inyectar de la caldera, pasando por un calentador para ajustar la temperatura de inyección.

En las calderas modernas, sobre todo en las que se quemán lejías derivadas de un lejiado al sulfato, la combustión se lleva a cabo en tres fases, sin que exista una separación neta entre ellas.

1.^a Fase.—Tiene por finalidad secar la lejía negra inyectada por el quemador, operación que se ejecuta proyectando la lejía negra so-

bre las paredes del hogar. A tal fin el quemador, que distribuye la lejía en forma de gotas de tamaño apropiado, dispone de un movimiento en sentido vertical que las impulsa sobre la pared frontal, y otro de giro que lo hace sobre las paredes laterales. Croquis N.º 7.

Croquis N. 7



A=Caldera. B=Inyector de lejía. C=Aire primario. D=Aire secundario. E=Hogar. G=Cromita.

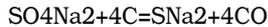
La lejía se acumula sobre aquéllas y se seca por el calor radiado desde el lecho del hogar, y cuando el peso de la lejía seca, así acumulada, llega a cierto límite se desprende de las paredes y cae al fondo del hogar, donde se amontona en forma porosa.

Puede regularse el grado de secado actuando sobre el movimiento del quemador, el cual permite variar la superficie barrida sobre las paredes del hogar, y con este el grado de secado de la lejía acumulada en éstas.

Quemando lejías derivadas de un lejiado a la sosa cáustica, casi siempre, el secado se produce inyectando la lejía, en un plano horizontal, en gotas de tamaño adecuado para que aquél sea casi instantáneo. La lejía seca cae al fondo del hogar donde se acumula como en el caso anterior.

2.^a Fase— Cuando la lejía negra seca llega al fondo del hogar se pone en contacto con el aire primario de la combustión, que entra por unos registros dispuestos en la parte baja del hogar. Este aire lame toda la superficie del lecho poroso iniciándose la combustión de los residuos sólidos de las lejías, que, cuando se trata de un lejiado

al sulfato, se produce añadiendo la cantidad de aire conveniente para que aquélla se verifique en una atmósfera reductora, de acuerdo con la siguiente reacción:



Esta combustión incompleta libera una cantidad de calor suficiente para fundir las cenizas y mantener la reacción endotérmica anterior: aquéllas pasan al disolvedor para su recuperación. El CO_3Na_2 no sufre transformación alguna por no afectarle la atmósfera reductora del hogar, por lo que las cenizas que pasan al depósito disolvedor están formadas, en su mayor parte, por CO_3Na_2 y SNa_2 .

Quemando lejías procedentes de un lejiado con sosa cáustica la combustión se completa en el lecho del hogar, inyectando el aire necesario, pues no interesa mantener una atmósfera reductora en aquíel.

3.^a Fase.— Continuando la operación, los humos producidos en la combustión incompleta se encuentran, en su recorrido por el hogar, con el aire secundario de la combustión completándose ésta por reacción del CO con el O_2 del aire. Aquél entra en el hogar por unos registros colocados debajo de los quemadores de lejía negra. Terminada la combustión los humos en su camino por la caldera encuentran las haces de tubos de la misma a los que por radiación y convección ceden su calor para la producción de vapor.

Como la temperatura de fusión de las cenizas es del orden de unos 760°C y la de sublimación del sodio de unos 925°C interesa mantener en el hogar una temperatura de régimen que no pase excesivamente de ésta para lograr la máxima recuperación química. Además, a mayor temperatura mayor volumen y velocidad de los humos, mayores pérdidas por arrastre en éstos, mayor ensuciamiento de los tubos y menor rendimiento en la recuperación química.

Estos factores hacen que la conducción de una caldera de recuperación de lejías negras exija personal más capacitado que el que se requiere para conducir calderas quemando carbón o fuel-oil. Dotándola de aparatos de control en los puntas clave de la instalación, automatizando los servicios de mayor interés, trabajando a una capacidad constante de producción, etc., la combustión de las lejías negras no ofrece dificultad alguna, aun en calderas de pequeña producción.

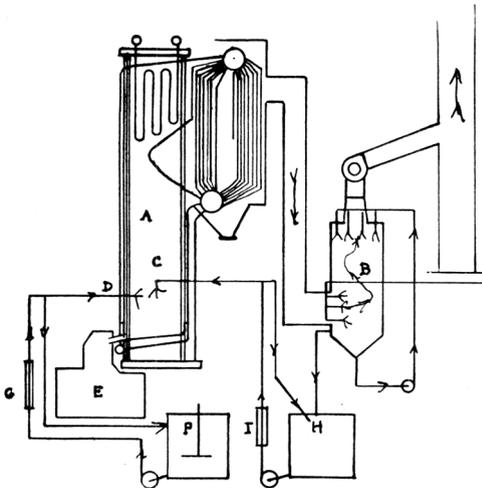
Para evitar que la temperatura en el hogar baje demasiado, con todas sus consecuencias, las calderas disponen de quemadores de

fuel-oil, que sirven para la puesta en marcha de la caldera y para ajustar la temperatura de régimen al valor conveniente.

Presentamos en el croquis N.º 8, el esquema de una caldera de recuperación de leñas negras, procedentes de un lejiado de bambú al sulfato, proyectada para una producción de 15 a 20 tndas. de celulosa diaras, instalada en una fábrica de Formosa, la que, según informaciones recibidas de la misma, lleva trabajando varios años con toda normalidad, alcanzando un rendimiento en la recuperación del 70 %, a pesar de no disponer de recuperador de las partículas arrastradas por los humos.

Antiguamente, en instalaciones de pequeña producción, las leñas concentradas en evaporadores de múltiple efecto, etc, se quemaban en hornos rotativos, pero debido a su menor rendimiento éstos han sido, actualmente, sustituidos por calderas.

Croquis N.º 8



- A=Caldera. B=Evaporador de contacto directo.
- C=Quemador de leña negra. D=Quemador de fuel-oil.
- E=Depósito disolvedor. F=Depósito de fuel oil.
- G=Calentador de fuel-oil. H=Depósito de leña.
- I=Calentador de leña negra.

Generadores de vapor

Para quemar las leñas negras se utilizan calderas o generadores de vapor del tipo de paredes frías, incluso en el lecho del hogar. Este

tipo es el que mejor se adapta a las condiciones de trabajo exigidas por aquéllas, tanto por su rendimiento como por la reducción de las averías a un mínimo.

Debido a la calidad del combustible, estas calderas se diferencian en algunos detalles de las corrientes. Además exigen la instalación de aparatos para la limpieza de los tubos, recuperadores de hollín para aumentar el rendimiento de la recuperación química, lavadores de humos, aspiradores accionados por motores de velocidad variable, etc. Detalles que posteriormente describiremos pues, aunque se emplean en las calderas corrientes, la importancia de su misión es menor que la exigida en las calderas de recuperación de lejías negras.

Dichas calderas están constituidas por tubos con aletas formando una pared fría. Desde los registros de entrada de aire primario hasta el fondo del hogar los tubos llevan varias aletas longitudinales dispuestas de modo que puedan recibir un enlucido de cromita, material resistente a las cenizas sódicas fundidas que se recogen en el fondo del hogar Dentro de la caldera y unidos a dos o tres calderines se encuentran los haces de tubos de ésta. En la parte superior se halla el recalentador de vapor. Debajo del calderín inferior se coloca el recuperador de hollín, dispuesto de forma que las partículas recuperadas puedan integrarse al circuito de fabricación.

Aquella disposición de los tubos con aletas en el fondo del hogar impide que las cenizas fundidas penetren entre éstas y el enlucido de cromita, evitando que se desplacen de las paredes del hogar, con lo que se suprimen las averías más frecuentes en este tipo de calderas. Por otra parte las paredes frías del hogar solidifican las cenizas acumuladas en ellas, hasta que por su propio peso caen al fondo del hogar, actuando como capa protectora de los tubos. Sucede lo mismo en el lecho del hogar donde se forma una capa protectora de cenizas solidificadas Estos efectos han sido comprobados en la práctica examinando calderas así dispuestas, en las que después de varios años de trabajo no se ha observado corrosión alguna en los tubos, incluso en los de la compuerta de descarga de las cenizas fundidas, que son los que más sufren la acción química de éstas.

Balance térmico de la caldera

Realizamos este estudio en el supuesto de que la composición media de la lejía negra sea la que a continuación detallamos, la que corresponde a valores reales referentes a lejías negras derivadas de un lejiado de madera.

Tanto esta composición como el poder calorífico del contenido sólido de la lejía negra debe determinarse, en cada caso particular, con el fin de conocer las posibilidades térmicas de aquél con toda exactitud.

Análisis de la lejía negra concentrada:

| | |
|--|------------|
| Concentración de la lejía a la entrada ... | 60 % |
| Líquido por tda. de celulosa | 2.430 kgs. |
| Sólidos en el líquido | 1.460 " |

Composición del producto sólido :

| | |
|-------------------------|--------|
| C | 38 % |
| O2 | 17 % |
| H2 | 3,7 % |
| Material mineral | 41,3 % |

Aire real para la combustión $n=1,25$ 6,18 kg/kg.

Composición de los humos:

| | |
|------------|--------------|
| CO2 | = 1,39 Kg/Kg |
| H2O | = 1,08 " |
| O2. | = 0,32 " |
| N2 | = 4,76 " |

| | |
|---|---------------|
| Poder calorífico del producto sólido | 3.550 Cal/kg. |
| Temperatura de entrada del aire | 125 °C. |
| " " de la lejía | 100 " |
| " salida de las humos | 300 " |

Calorías introducidas en el hogar:

| | |
|--------------------------|----------------------|
| En el aire | 178 Cal/kg. |
| En la lejía negra | 132 " |
| Poder calorífico... .. | 3.550 " |
| Total | <u>3.860</u> Cal/kg. |

Distribución del calor:

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| Calorías en los humos secos | 480 Cal/kg. |
| Calorías en el vapor de agua | 795 " |
| Calor de fusión y sensible en cenizas | 114 " |
| Pérdidas por radiación | 134 " |
| Calorías útiles | <u>2.271</u> " |
| Total | 3.860 Cal/kg. |

Debido al condensado de los evaporadores y calentador de aire, la temperatura del agua de alimentación de la caldera es de 52°C, y produciendo vapor saturado a 10 atms tendremos:

| | | | | |
|-------------------------------------|-------|------|------|------|
| Producción bruta de vapor | 5.420 | kgs. | tda. | cel. |
| Vapor para calentar el aire | 510 | " | " | " |
| Vapor para calentar la lejía | 72 | " | " | " |
| Producción neta de vapor | 4.838 | " | " | " |

Vapor para las necesidades de la fabricación en función del N.º de efectos, kgs. por tda. de celulosa.

| N.º de efectos | Vapor a evaporadores | Vapor a fabricación |
|----------------|----------------------|---------------------|
| 3 | 3.100 | 1.738 |
| 4 | 2.315 | 2.523 |
| 5 | 1.870 | 2.968 |
| 6 | 1.550 | 3.288 |

Dedúcese de estos resultados que, además de la recuperación del agente químico empleado en el lejiado, la combustión de las lejías negras produce vapor para las necesidades de la fábrica, cuya cantidad depende del N.º de efectos instalados.

Aire para la combustión

Para facilitar la combustión de las lejías negras se inyecta el aire calentado a 125/150 °C. Este calentamiento, antiguamente, se producía en aparatos que aprovechaban el calor sensible de los humos pero, por causa de las acumulaciones de hollín en los mismos, actualmente el aire se calienta en aparatos alimentados con vapor, que tienen varias ventajas sobre los anteriores.

Limpieza de la caldera

Como consecuencia de los arrastres de cenizas por los humos, éstas se acumulan sobre las superficies de los tubos taponándolos, por lo que la limpieza de éstos es de primordial importancia para el normal funcionamiento de la caldera.

Esta limpieza, como en los demás tipos de calderas, se efectúa con aparatos sopladores de diversos tipos, siendo el más utilizado el rotativo fijo.

Debido a la elevada temperatura de los humos al atravesar el primer haz de tubos de la caldera o del recalentador, los sopladores

que se instalan en este lugar se averían con frecuencia, por lo que en estos sitios se colocan sopladores que permanecen en el interior de la caldera el tiempo que dura el barrido.

Desde hace unos años, en lugar de usar el vapor para la limpieza de la caldera, se emplea aire comprimido, el que, además de mejorar el grado de limpieza, permite realizar la operación de un modo automático, mediante un aparato de control que regula el tiempo de cada soplado, el orden de éstos, los tiempos muertos, etc.

En las calderas de pequeña producción es suficiente instalar varios sopladores accionados a mano, efectuando los barridos cuando la pérdida de carga en los haces tubulares llega a un valor límite. El hollín desprendido en los barridos se recoge en una tolva y se integra al circuito de fabricación.

Aspirador de humos

Las humos de la combustión se llevan al aire ambiente por medio de un ventilador, que los conduce directamente, o pasando por un depurador de humos, a la chimenea. Las partículas de hollín que acompañan a éstos pueden depositarse en los alabes del ventilador y producir desequilibrios en el rotor del mismo, sobre todo en instalaciones de gran producción. Este desequilibrio da origen a vibraciones y sobrecargas en los cojinetes con todas sus consecuencias. Estas perturbaciones se han limitado en las modernas instalaciones colocando ventiladores con alabes de dimensiones radiales reducidas.

Para tener en cuenta las variaciones de presión estática y de caudal que se producen en estas calderas, los ventiladores deben calcularse de modo que su capacidad sea un 30 % superior a la necesaria para las condiciones normales de trabajo de la caldera y su presión estática un 100 por 100 mayor. Estas condiciones de trabajo exigen que el ventilador sea accionado por un motor de velocidad variable, pues así podemos conseguir que el ventilador trabaje siempre en la gama de máximo rendimiento.

Depuración de los humos

Acompañan a los humos partículas finísimas de CO_3Na_2 y SO_4Na_2 que lanzadas al aire ambiente pueden ocasionar perjuicios a la misma industria, o a terceros, y reducir el rendimiento de la recuperación química, por lo que para evitar aquellos perjuicios y aumentar esta recuperación se emplean diversos métodos para purificarlos.

Cuando la capacidad de producción es pequeña, generalmente se emplean purificadores húmedos, tipo Venturi, basados en la mezcla de los humos con un líquido, al que se adhieren las partículas de hollín que son recuperadas en el depósito separador de gotas conectado con el citado depurador. Cuando este método se emplea en una instalación de lejías negras al sulfato, el depurador ha de construirse con materiales antiácidos. Pueden también emplearse para este objeto, purificadores de humos por vía seca que han dado resultados satisfactorios.

En las grandes instalaciones se utilizan, casi siempre, purificadores electrostáticos, compuestos por electrodos entre los cuales circulan los humos y que se mantienen a una diferencia de potencial de 50.000 a 100.000 V. Esta ioniza las partículas de hollín las que, por efecto del campo electrostático, se depositan en los electrodos especialmente en el positivo conectado a tierra. Cada cierto tiempo se limpian mecánicamente los electrodos y las partículas se recuperan en un depósito.

Estos depuradores electrostáticos han dado un resultado satisfactorio, y sus gastos de explotación y conservación son reducidos, pero deben controlarse en ellos la temperatura de los humos y la humedad, pues de ambos depende el rendimiento.

RECUPERACION DEL AGENTE QUIMICO EMPLEADO EN EL LEJIADO

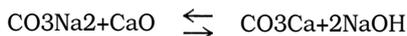
Fruto de la combustión de los residuos sólidos de las lejías negras son las cenizas compuestas por CO_3Na_2 , cuando se trata de un lejiado con sosa cáustica, y de éste y SNa_2 si el lejiado es al sulfato, a los que hay que añadir algunas impurezas insolubles constituidas por partículas de carbón, compuestos de hierro, etc.

Estas cenizas líquidas que fluyen en forma continua por la parte inferior del hogar, se conducen por un canalón al depósito disolvedor situado junto a la caldera. Dentro de éste y antes de su contacto con el líquido del disolvedor, a fin de evitar explosiones, las cenizas son recogidas por un lecho de vapor y a continuación por otro de líquido del disolvedor, al que una bomba lo mantiene en circuito cerrado. Este va provisto de un agitador al objeto de mezclar íntimamente las cenizas con el líquido. Una chimenea pone en comunicación el depósito disolvedor con el aire ambiente.

Cuando la concentración de alcalí en el depósito disolvedor alcanza el límite previsto una bomba lo transfiere al depósito decanta-

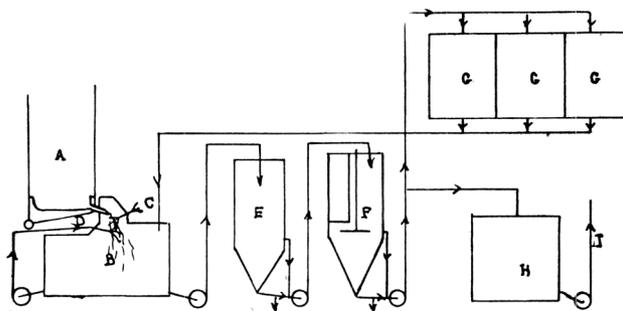
dor, al mismo tiempo que se repone igual cantidad de líquido que proviene del lavado de los residuos de la caustificación. Debido a que las impurezas que acompañan al alcalí tienen propiedades floculativas a temperaturas de 90 a 95°C, aquéllas decantan con rapidez quedando un líquido verde, transparente, que recibe el nombre de lejía verde.

Desde el depósito decantador pasa la lejía verde al de cáustificación, croquis N.º 9, en el que se verifica la reacción siguiente:



Reacción reversible cuyo equilibrio es función de la concentración de alcalí en la lejía verde, aumentando el rendimiento de la caustificación al disminuir la concentración en alcalí.

Croquis N.º 9



A=Caldera. B=Depósito disolvedor. C=Vapor. D=Lejía en circuito cerrado.
E=Depósito decantador. F= Reactor. G=Depósito de almacenado. H=Depósito lejía blanca. I=Lejía blanca a lejiadoras.

Para obtener un CO_3Ca que decante con rapidez es necesario que la cal viva sea de buena calidad, con elevada proporción de CaO , y que la temperatura de la lejía verde esté comprendida entre 85 y 95 °C. Terminada la reacción de caustificación y previa decantación el líquido llamado lejía blanca, pasa al depósito de alimentación de las lejiadoras, y los residuos decantados, que contienen cantidades apreciables de alcalí, se lavan, una o más veces, hasta que el contenido en alcalí sea despreciable. Los líquidos de los sucesivos lavados se conducen, en forma metódica, al depósito disolvedor de cenizas y los restos del último lavado se separan del circuito de fabricación.

Como hemos visto, a lo largo del proceso de recuperación termo-química se producen pérdidas de producto sólido, con su contenido de alcalí, que es necesario compensar para que la lejía blanca con la que se alimentan las lejiadoras tenga características constantes. Este alcalí, previo análisis de la lejía blanca, se puede añadir al circuito en forma de SO_4Na_2 , haciéndolo en el depósito mezclador, de Co_3Na_2 añadiéndolo en el caustificador, o bien ajustando la alcalinidad de la lejía blanca antes de utilizarla en el lejiado. En las instalaciones de gran producción el rendimiento de la recuperación química llega hasta un 85/90%, y en las de pequeña cabe alcanzar el 80 % disponiendo de los aparatos apropiados de recuperación. En las grandes instalaciones el proceso de caustificación se realiza en continuo y, además, se recupera el CO_3Ca formado que se transforma en CaO en hornos rotativos.

CONCLUSION

Examinando con detenimiento cuanto hemos expuesto observamos, a simple vista, que la mayor dificultad para que una instalación de recuperación de lejías negras marche con uniformidad, reside en la combustión de éstas, pues los procesos de lavado, concentrado, recuperación química, etc., no ofrecen más contratiempos que los propios de cualquier industria.

En efecto, la combustión de las lejías negras exige que la temperatura de régimen en el hogar se mantenga dentro de ciertos límites, y superior a un valor determinado que depende de las características de la lejía negra. Siendo el hogar del tipo de paredes frías nos encontramos con que al disminuir la capacidad de la caldera la relación superficie volumen de aquél tiende a aumentar pudiendo ocurrir que la temperatura de régimen llegue a ser inferior al valor necesario para que se verifique la combustión. Esta dificultad se resuelve suministrando al hogar una fuente auxiliar de calor, por medio de un quemador de fuel-oil, con la que podemos ajustar la temperatura de régimen al valor deseado. Con este quemador auxiliar de fuel-oil podamos producir vapor para la fabricación que, al no llegar el producido con los residuos sólidos de las lejías negras a la plena autarquía, nos era necesario producir para cubrir las necesidades de vapor totales de la industria.

Esta solución, que es conocidísima, ha sido aplicada en la fábrica de FORMOSA, de la que, como hemos dicho, poseemos información que nos dice que marcha a plena satisfacción de la misma, obteniendo en la recuperación química un rendimiento del 70 % sin recuperador de hollín.

RECUPERACION TERMO-QUIMICA Y PURIFICACION DE LOS RIOS

Vemos en el balance de líquidos-sólidos del lavado que, por tda. de celulosa, se separan del circuito de fabricación unos 10.600 kgs. de lejía negra con un contenido sólido de unos 1.600 kgs., que se envían a los evaporadores para su recuperación, y que, con el líquido que acompaña a la celulosa en la fase final del lavado, van unos 36 kgs. de producto sólido, a los que debe añadirse las pérdidas en bombas, etc., que incrementan esta cantidad hasta unos 70/80 kgs., que son los que se vierten al río con las aguas residuales sobrantes del proceso de fabricación.

Analizadas éstas, vemos, por simple observación, que su grado de clarificación es suficiente para verterlas al río, ya que dejan, visiblemente, pasar la luz solar necesaria a la vida activa de éste; tienen una reacción ligeramente alcalina, su Ph no llega a 8,5; su contenido sólido en suspensión es de 1 gr. por lt., aproximadamente; no contienen prácticamente materias tóxicas, y su consumo bioquímico de oxígeno permite, previa decantación y aireación, verterlas al río sin que causen daño alguno a su flora y fauna. Estas características se ajustan a las exigidas a las aguas residuales a verter a ríos cuyo volumen total de agua es insuficiente para auto-purificarlas. Todo ello es posible con la instalación de recuperación de lejías negras, pues sin esta las características de aquéllas serían completamente distintas, como se deduce del simple examen de los datos anteriores.

Ahora bien, insistimos, no solo son las aguas residuales papeleiras las causantes del estado de nuestros ríos, existen otras causas, por lo que es necesario estudiar cada río en su integridad, como ya se dijo en otros artículos sobre el problema que nos ocupa.

ESTUDIO ECONOMICO

Efectuamos este estudio para una instalación capaz de producir 15 tdas. de celulosa efectivas por día, en el supuesto de que aquélla sea totalmente construída en España.

Comprende la recuperación de las lejías negras los grupos de instalaciones siguientes, según se deduce de lo expuesto en este trabajo:

- 1.º Instalación de concentración de las lejías negras.
- 2.º " " " producción de vapor y auxiliares.
- 3.º " " " recuperación química
- 4.º Edificios.

Ahora bien, como la mayor parte de la industria de la celulosa nacional efectúa la operación del lavado en forma distinta de la exigida por la instalación de recuperación de lejías negras debe tenerse en cuenta, si se quiere calcular la rentabilidad con objetividad, el importe de una instalación de lavado, el cual dependerá del aprovechamiento de los elementos que para este fin disponga la industria respectiva.

Instalación de concentración de lejías negras

Para una producción de 15 tdas. diarias de celulosa, el grupo de evaporadores de múltiple efecto más apropiado es el de cuatro efectos.

Este, integrado por 4 evaporadores de capacidad suficiente para evaporar el agua necesaria para concentrar la lejía hasta el 45/50 %, 4 separadores de vapor, tuberías de interconexión, válvulas para éstas, depósito de seguridad, condensador, bombas de vacío, ídem de impulsión de la lejía, tuberías, válvulas, separadores de agua y vapor, depósitos auxiliares, aparatos de medida, cuadro de mando, armadura de sustentación, etc., y gastos de montaje, su importe es de

Ptas. 2.050.000,—

Instalación de producción de vapor y auxiliares

Calculada la capacidad de la caldera a base del vapor a producir con los residuos sólidos de las lejías negras, mas un margen amplio para el vapor a obtener con el fuel-oil a utilizar para asegurar la marcha de la combustión, aquélla podría ser de las características siguientes:

| | |
|---------------------------------|------------------|
| Vapor a producir por hora | 5.000/5.500 kgs. |
| Presión del vapor | 10 atms |
| Características del vapor... .. | Vapor saturado |

Puede también construirse la caldera para producir vapor ligeramente sobrecalentado, o con el sobrecalentamiento que cada fábrica requiera.

Sumados al costo de esta caldera, construída para quemar lejías negras, el importe de los quemadores de lejía y fuel-oil, del ventilador de inyección de aire, del calentador de aire, de las bombas de alimentación de agua, de la instalación depuradora de agua, del evaporador de contacto directo, de las bombas auxiliares, de las tube-

rias y válvulas, de los aparatos de medida y alimentación automática del agua, del aspirador, etc., incluido montaje, aquél asciende a

Ptas. 2.550.000,—

Instalación de recuperación química

Esta instalación comprendería los elementos siguientes:

3 depósitos reactores con sus correspondientes agitadores, 3 depósitos de almacenado, 1 depósito de lejía verde, 1 depósito de lejía blanca, bombas, tuberías, válvulas, etc., cuyo costo incluido montaje sería de

Ptas. 375.000,—

Edificios

De hormigón armado, cubierta metálica con techado de uralita ventanales de hormigón, cierres de ladrillo, puertas, etc.:

Ptas. 475.000,—

Gastos de financiación

Intereses del capital invertido en función del tiempo hasta la puesta en explotación de la instalación y otros:

Ptas 550.000,—

R E S U M E N

| | | |
|--|--------------------|-------|
| Instalación de concentración de las lejías ... | 2.050.000,— | Ptas. |
| " " producción de vapor y aux. ... | 2.550.000,— | " |
| " recuperación química... .. | 375.000,— | " |
| Edificios | 475.000,— | " |
| Gastos de financiación... .. | 550.000,— | " |
| Total ptas. | <u>6.000.000,—</u> | " |

VALOR DE LA RECUPERACION QUIMICA

Realizamos este cálculo a base de un rendimiento en la recuperación química del 60 % de la sosa utilizada en el lejiado, con lo que para una producción anual de 15 X 300 = 4.500 tdas., y un consumo

de sosa cáustica de 325 kgs. por tda. de celulosa, cantidad más bien baja que alta, resulta el valor siguiente:

Sosa cáustica consumida anualmente $4.500 \times 325 = 1.462.500$ kgs.
 " " a recuperar por año $0,6 \times 1.462.500 = 877.500$ "
 Precio de la sosa cáustica incluido rendimiento ... = 4,50 ptas./kg.
 Importe de la sosa cáustica recuperada = 3.948.750ptas.

VALOR DE LA RECUPERACION TERMICA

Hemos visto que las disponibilidades de vapor para la fabricación eran de 2.522 kgs. por tda. de celulosa, empleando un cuádruple efecto. Deducido el consumo de vapor en el disolvedor y caustificación el vapor útil para la fabricación sería de unos 1.750 kgs., o sea en un año aquél ascendería a

$$1.750 \times 4.500 = 7.875.000 \text{ kgs.}$$

Vamos a suponer que solamente el 75 % de esta cantidad sea la realmente aprovechada, para tener en cuenta las variaciones posibles en la concentración inicial de la leña negra, con lo cual aquella queda reducida a

$$7.875.000 \times 0,75 = 5.906.250 \text{ kgs.}$$

Valorando por bajo el costo de la tda. de vapor lo concretamos en ptas. 170, por tanto su importe ascenderá a

$$5.906 \times 170 = 1.004.020 \text{ ptas.}$$

R E S U M E N

| | | |
|--|-------------|-------|
| Importe de la sosa cáustica recuperada | 3.948.750,— | ptas. |
| " del vapor útil para fábrica | 1.004.020,— | " |
| Total ptas. | 4.952.770,— | " |

GASTOS DE EXPLOTACION

Integrados por los capítulos siguientes:

- Materia prima
- Mano de obra
- Energía eléctrica
- Efectos diversos y reparaciones.
- Gastos generales

Materia prima

Incluimos en este capítulo la cal viva necesaria para caustificar el carbonato de sosa que, en forma de cenizas, se recupera en el proceso de fabricación. Para esta operación se requieren 95 kgs. de cal viva por 100 kgs. de sosa cáustica. Aquella puesta en fábrica resulta a ptas. 1 por kg., o sea 95 ptas. par 100 kgs. de sosa cáustica recuperada, lo que supone un gasto anual de

$$\text{ptas. } 877.500 \times 95 : 100 = 833.625,-$$

Mano de obra

Para conducir la instalación de recuperación de lejías negras, incluyendo la instalación de caustificación, se necesitan 3 obreros por turno, es decir 9 en 24 horas. A base de un jornal de 50 pts. diarias, el gasto anual, teniendo en cuenta las cargas sociales, seguro de accidentes, vacaciones, gratificaciones, etc., sería de pts.

$$324.000,-$$

Energía eléctrica

La potencia instalada en esta sección es de unos 80 kw., pero como algunos motores trabajan intermitentemente y la energía consumida es inferior a la instalada, el consumo real par hora no llegará a 60 kwh., al que añadimos el 10 % para compensar la energía consumida en las puestas en marcha, paradas, etc., resultando según esto un consumo anual de

$$66 \times 24 \times 300 = 475.200 \text{ kwh.}$$

Fijando el costo del kwh. a pts. 0,70 el gasto anual por este concepto ascenderá a

$$475.200 \times 0,70 = 332.640,- \text{ pts.}$$

Efectos diversos y reparaciones

Constituído por lubricantes, empaquetaduras, juntas, materiales diversos, reparaciones, reposición de elementos, etc., su importe, aproximadamente, puede calcularse en pts.

$$475.000,-$$

Gastos generales

Interés al capital invertido, contribuciones propias, parte del personal técnico, parte proporcional de los gastos generales de la industria, etc. Sumadas estas partidas su importe lo concretamos en Pts.

825.000,

RESUMEN

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| Materia prima... .. | 833.625,—Ptas. |
| Mano de obra... .. | 324.000,— " |
| Energía eléctrica | 332.640,— " |
| Efect. diver. y repara | 475.000,— " |
| Gastos generales | 825.000,— " |
| Total pts. | <u>2.790.265,—</u> |

Comparado el valor de la recuperación termo-química con el de los gastos de explotación arroja el resultado siguiente:

| | |
|--|----------------------|
| Importe de la recuperación termoquímica | 4.952.770,— pts. |
| " de los gastos de explotación | <u>2.790.265,— "</u> |
| Saldo pts. | 2.162.505,— |

Conclúyese de estas cifras que la recuperación termo-química de las lejías negras amortiza su instalación en breve plazo. Ahora bien, como hemos dicho, para ello es imprescindible construirla enteramente en España, lo cual no ofrece grandes dificultades, pues la parte técnica de la misma es conocida por los especialistas en problemas térmicos, y, actualmente, se construyen los elementos que la integran, aunque para fines distintos.

Por otra parte, la puesta a punto de la instalación, —aunque al principio se produzcan perturbaciones—, visto el proceso de trabajo de la recuperación, no exigirá grandes esfuerzos, sobre todo si con anterioridad se desarrolla un planing de las posibles perturbaciones con las soluciones a adoptar para eliminarlas.

Finalmente, creemos que el problema merece la máxima atención, tanto por la función social que cumple como por las ventajas económicas que reporta.