



LOS GASES SULFUROSOS Y LA PROBLEMATICA DEL ACIDO SULFURICO EN EL PERU

ING. BENJAMÍN JARUFE Z.

Los gases sulfurosos de nuestras refinerías contienen SO_2 , el cual constituye el peor contaminante atmosférico de nuestra época..... causa estragos a la ecología y daña terriblemente nuestro entorno.

El problema de la desulfuración se resuelve actualmente utilizando el proceso más económico que consiste en aprovechar el SO_2 para convertirlo en ácido sulfúrico.

A la fecha existen 4 plantas de ácido sulfúrico con una capacidad instalada de 296 000 t/año, sin contar con la planta que instalará la Southern el próximo año. Pero, el país consume solamente unas 100 000 t/año.

¿Qué hacer?

Además, el Perú es un país eminentemente minero y la explotación de sus recursos naturales nos proporcionará riqueza. Esto conlleva la necesidad de incrementar la capacidad de refinación de nuestros minerales, pero los gases sulfurosos que se desprendan de las refinerías de cobre, zinc o plomo representarán una materia prima potencial para seguir produciendo mayores cantidades de ácido sulfúrico...

La opción que nos queda es pensar en la reducción del SO_2 a azufre elemental, proceso menos económico que el proceso del ácido sulfúrico, pero necesario para resolver ésta problemática.

LA PEOR CONTAMINACION DEL AMBIENTE

Los gases sulfurosos que proceden de nuestras refineras se forman en el proceso de tostación de los minerales y contienen dióxido de azufre: SO_2 . El SO_2 es el mayor, y a la vez el peor, contaminante atmosférico de nuestra época.

¿Por qué? El SO_2 reacciona muy lentamente con el oxígeno del aire, donde los rayos ultravioletas del sol actúan como catalizadores, y lo convierten en trióxido de azufre: SO_3 . El SO_3 reacciona muy rápidamente con la humedad (H_2O) contenida en el aire y producen pequeñas partículas de ácido sulfúrico: H_2SO_4 .

Estas partículas de ácido sulfúrico constituyen lo que en nuestros tiempos se ha denominado "lluvia ácida", la cual causa terribles estragos a la ecología y daña nuestro entorno irritando las mucosas de los seres vivos que respiran ese aire; destruyen los cultivos y destrozan las construcciones, carcomiendo los monumentos de nuestra civilización. Actúan, en fin, como un terrible flajelo de suelos, plantas y animales.

El problema técnico de la desulfuración de estos gases se resuelve en la actualidad por medio de una inmensa variedad de procedimientos, totalmente satisfactorios, siendo el mayormente utilizado en el mundo y el más económico hasta la fecha, el proceso que aprovecha el SO_2 de las chimeneas para convertirlo en ácido

sulfúrico a través de una planta química por el método de contacto con doble catálisis.

UN POCO DE HISTORIA

La empresa norteamericana Cerro de Pasco Copper Corporation inició sus actividades en el año 1902. Durante varios años ésta enorme empresa minera se dedicó a montar y poner a punto un vasto complejo productivo comprando centenares de yacimientos a medianos y pequeños propietarios, desarrollando infraestructura (carreteras, ferrocarriles, etc), y construyendo fundiciones, maestranzas, viviendas, etc. En fin, organizando un complejo minero metalúrgico que no sólo alteró el paisaje físico de la Sierra Central sino que contribuyó, como pocos, a modificar sustantivamente el entorno social en base al desarrollo de formas de trabajo modernas y a la expansión de la estructura mercantil de la zona, tal como lo expresa el Ing. Ernesto Yepes en el *Dominical* de "El Comercio" del 29.12.91. (Combatiendo los humos de la Oroya).

Luego, añade que, en la década de 1920, la Cerro de Pasco se vió precisada a construir una nueva planta de refinación para tratar con más eficacia el creciente volumen de mineral que controlaba. Esta planta se construyó en la margen derecha del río Mantaro en el pequeño poblado de La Oroya.

En noviembre de 1922 salían los primeros lingotes de cobre de la Fundición de La Oroya. Pero casi al mismo

tiempo, de las dos inmensas chimeneas de la flamante planta descendía sobre el área de la región una terrible catástrofe: los humos convertidos en flajelo de suelos, plantas y animales, afectando a una zona de más de 40 km de la fundición.

Eran los tiempos de Augusto B. Leguía. Las protestas y presiones por parte de los hacendados, comunidades y caseríos afectados no se hicieron esperar. En setiembre de 1923, el gobierno de Leguía encargó al Ing. José J. Bravo el estudio y propuestas de solución del espantoso problema.

El encargo fué realmente acertado. En aquel entonces José J. Bravo era uno de nuestros más reputados hombres de ciencia y un calificado ingeniero. Había sido presidente de la Sociedad de Ingenieros del Perú; Presidente de la Asociación Peruana para el Progreso de la Ciencia; profesor de la Escuela Nacional de Ingenieros, entre otros cargos.

José Bravo comprende que la naturaleza del espacio andino obliga a una visión integral de la zona afectada. Reúne un equipo multidisciplinario capaz de comprender esa tarea: médicos, químicos, veterinarios, agrónomos, civiles, mineros.

Concluída su labor, Bravo entrega el informe al gobierno en marzo de 1925. Al año siguiente sale publicado el texto completo (206 páginas) en el número 108 del Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas. De ese documento se han tomado las siguientes conclusiones:

"1. Las chimeneas de la Fundición de La Oroya, arrojan diariamente al espacio un volúmen de humos que, en números redondos, alcanza a 38 millones de metros cúbicos.

2. Los humos están formados por gases que llevan en suspensión polvos finos procedentes en su mayor parte de la sublimación de vapores y que, en conjunto, representan diariamente la cantidad de 80.5 toneladas.

3. Los principales elementos dañinos contenidos en los humos son el dióxido de azufre (SO_2), entre los gases; y el anhídrido arsenioso y los compuestos de plomo entre los sólidos. El SO_2 se presenta en la proporción de 1.08 %; y los sólidos en las cantidades de 23 y 22 toneladas al día, respectivamente (...)"

"11. El problema de suprimir los daños causados por los humos tiene un doble carácter, pues hay que suprimir tanto los polvos dañinos para los animales como los gases que atacan las plantas (...)"

"16. Los únicos medios son la filtración del humo por sacos de tela en las llamadas "Bag Houses" ó el empleo de los aparatos COTTRELL de precipitación electrostática; pero la presencia de ácido sulfúrico en los humos haría el primer medio muy costoso y menos eficaz.

17. Los polvos recogidos de ésta manera tienen un valor que compensaría en poco tiempo el gasto que se hiciera en establecer los aparatos de recuperación; y, que según lo que hemos establecido, a los precios actua-

les representaría una entrada diaria de unas dos mil libras peruanas. Por otra parte, la experiencia enseña que en todas las oficinas donde esto se ha hecho, el dinero gastado ha resultado una inversión provechosa de capital (...)". Todo esto se afirmó, lúcidamente, hace más de 67 años.

En la década de 1930 la Cerro de Pasco instaló los precipitadores electrostáticos Cottrell y construyó la primera fábrica de ácido sulfúrico en el Perú.

EL ACIDO SULFURICO EN EL PERU

En la década de 1970 existían en el país 3 fábricas de ácido sulfúrico (Cerro de Pasco, Rayón Peruana é INDUS) con una capacidad instalada de 120 000 t/año. En la década de 1980 inició sus actividades la Refinería de Zinc de Cajamarquilla con una capacidad instalada para el ácido sulfúrico de 176 000 t/año.

Antes de comenzar la explotación de la mina de Cerro Verde de Arequipa, el consumo total de ácido sulfúrico en el Perú era sólo de 70 000 t/año. El proceso de la lixiviación de los óxidos de cobre en Cerro Verde requería hasta 90 000 t/año de ácido sulfúrico, los cuales fueron obsequiados inicialmente por Japón con la condición de que el Perú pague el costo del transporte desde ese país hasta el puerto de Matarani.

Cuando Cajamarquilla comenzó a funcionar, el ácido sulfúrico que requería Cerro Verde fué trasladado a

través de la carretera Panamericana Sur por intermedio de una flota de camiones cisterna adquiridos por una empresa especialmente constituida para cubrir ese servicio.

Pero, resulta que se ha agotado la capa superficial de los minerales de óxido de cobre en Cerro Verde y debajo existe un importante depósito de sulfuro de cobre, lo cual significa que, para su explotación, no se requerirá más ácido sulfúrico y, en cambio, la concentración pirometalúrgica (tostación) de éste mineral generará mayor cantidad de gases sulfurosos y con ellos el SO_2 que producirá más ácido sulfúrico si queremos evitar la contaminación del ambiente.

En la actualidad se encuentran paralizadas las fábricas de INDUS y Rayón Peruana; y la Refinería de Cajamarquilla está funcionando solamente a un 40% de su capacidad instalada por no tener suficiente demanda para su ácido sulfúrico.

La problemática del ácido sulfúrico en el Perú no termina aquí: los asientos mineros de Toquepala y Cuacone, y la Refinería de Ilo están arrojando a la atmósfera una cantidad de gases sulfurosos como para producir 550 000 t/año de ácido sulfúrico. Los estragos de ésta contaminación los están sufriendo desde hace más de 18 años los agricultores y habitantes de Moquegua y el sur de Arequipa. Por una autorización impartida por el Ministerio de Energía y Minas, la Southern Perú Copper Corp. tomó la opción de invertir US \$ 6 000 000 para instalar

campanas de difusión y reducir el porcentaje de SO_2 en el aire.

Pero, resultó sólo un paliativo porque los vientos alizos que provienen del mar extienden la "lluvia ácida" hasta la zona de Majes en Arequipa.

A partir de la autorización mencionada, la Southern se comprometió a producir ácido sulfúrico para enviar 500 000 t/año hasta Bayovar (Piura) cuando se inicie la ejecución del proyecto para la explotación de los fosfatos, y la consecuente producción de ácido fosfórico. No obstante, el actual gobierno ha exigido la eliminación del SO_2 en la atmósfera, por lo que la Southern comenzará a fabricar ácido sulfúrico en Toquepala a partir del próximo año.

¿EN QUE SE USA EL ACIDO SULFURICO?

Se hace difícil creer que una de las sustancias químicas más activas tal como el ácido sulfúrico sea al mismo tiempo uno de los productos industriales de mayor importancia y de uso general. Su utilización tiene un significado de tal importancia que, con frecuencia, su empleo se considera un índice para medir el desarrollo industrial de una nación. A manera de ejemplo mencionaremos que el consumo por habitante y por año de ácido sulfúrico en los Estados Unidos es de 120 kg, en Alemania es de 79 kg, en Chile es de 18 kg; y en el Perú actualmente, este consumo alcanza sólo a 6 kg por habitante al año.

Es un ácido inorgánico bastante fuerte y de precio económico. Entra en incontables industrias, aunque rara vez aparece en el producto acabado. El uso más importante del ácido sulfúrico, en lo que se refiere a cantidad, es para la fabricación del fertilizante de superfosfatos. En la industria del petróleo el ácido sulfúrico se emplea como catalizador para la polimerización de las olefinas; como reactivo en la fabricación de compuestos de adición de las olefinas y como agente de refinación de muchos productos del petróleo.

En la industria de química orgánica es un agente de sulfonación; es un ingrediente de la mezcla ácida para la fabricación de explosivos tales como el nitrato de celulosa, nitrato de glicerina, ácido pícrico, trinitrotolueno (TNT); se emplea como catalizador para la fabricación de ésteres orgánicos, tales como el acetato de etilo, salicilato de metilo, benzoato de etilo y otros muchos; como reactivo en la fabricación de ácido cloroacético; ácido cítrico, creosota, quinidina, ácido cianhídrico, ácido tartárico y ácido adípico; como reactivo para la hidrólisis de los hidratos de carbono y del almidón.

En las industrias inorgánicas, además de su uso en análisis y como agente de acidulación y neutralización de los álcalis, se emplea para la concentración del peróxido de hidrógeno y del ácido nítrico y para la preparación del sulfato de sodio, del ácido clorhídrico, ácido fosfórico, dicromato de potasio, sulfato de aluminio, sulfato de hierro y otros sulfatos, tales como el

potásico, amónico, bórico, magnésico, de manganeso, cobre, zinc y mercurio.

En las industrias metalúrgicas se emplea como agente de limpieza del latón, bronce, cobre, hierro, plata y acero; como agente de limpieza ó decapado del hierro y el acero; como sustancia de proceso en la metalurgia del cobalto, cobre, oro, hierro, magnesio, níquel, platino y plata.

Se aplica para formar el electrólito en los procesos electrolíticos, metalúrgicos y galvanoplásticos; como electrólito en las baterías de acumuladores y en la fabricación de muchísimos productos químicos orgánicos.

En las industrias textiles el ácido sulfúrico se usa para el blanqueo de géneros de algodón, en la carbonización de lanas, en procesos de teñidos y maceración y como auxiliar en el teñido ácido de lanas y fibras acrílicas; se emplea para la sulfonación del aceite de castor y para preparar el aceite de rojo-turco. Se emplea en la fabricación de muchos productos orgánicos, aromáticos, alifáticos y heterocíclicos.

Entre los usos varios figura su empleo en las industrias de la cola de carpintero, gelatina y cuero; como agente en la regeneración del caucho, en los procesos litográficos, para grabar, como agente para apergaminar papel, en la fabricación de fungicidas, en la preparación de bujías y en la industria de la fermentación para conseguir el pH adecuado, etc, etc.

EL FUTURO DE LA MINERÍA PERUANA

Ya hemos visto la multiplicidad de usos que tiene el ácido sulfúrico y ahora podemos afirmar que su mayor consumo representará un signo evidente del progreso industrial del país. Sin embargo, ese progreso o desarrollo industrial requerirá de muy grandes inversiones, y estamos conscientes que el Perú posee escasos recursos de inversión.

De otro lado, el Perú es un país eminentemente minero y la explotación de estos recursos naturales nos proporcionará riqueza. Pero, la inmensa mayoría de nuestros minerales metálicos son sulfuros y no óxidos. Esto quiere decir que, a través de sus procesos de concentración pirometalúrgicos, nos ofrecerán mayores cantidades de SO_2 en las chimeneas, lo que significa producciones mayores de ácido sulfúrico, si queremos evitar la contaminación del ambiente.

Además, no tiene sentido transportar 500 000 t/año de ácido sulfúrico desde Moquegua hasta Bayóvar (unos 3 000 Km), si consideramos que los minerales sulfurados polimetálicos de la mina Tambo Grande se hallan ubicados a 60 Km de Piura y los habitantes de la zona están clamando desde hace muchos años para que Tambo Grande entre en explotación. Resulta evidente que el ácido sulfúrico que se generará aquí sería totalmente absorbido para los requerimientos del Proyecto Complejo Integrado de

Bayóvar, puesto que Tambo Grande es el punto más cercano y no admitiría una racional competencia con otra fuente lejana de ácido sulfúrico:

Recordemos que el ácido sulfúrico es muy corrosivo y su embarque resulta costoso; su peso específico (1,98) es prácticamente el doble que el agua; además, 3 Kg de ácido concentrado contienen 1 Kg del azufre que le dió origen, y el cual podría almacenarse y transportarse con gran facilidad.

Asímismo, el volúmen de excedentes de ácido sulfúrico en el país será mucho más grande si consideramos que los concentrados por flotación de la mina Tintaya (Cuzco) pasarán, luego, al proceso de la tostación; y que MINERO PERU tiene estudios para la explotación de las minas de sulfuros metálicos de Antamina (Ancash); de Corocco Huayco (Cuzco); de Michiquillay (Cajamarca); de Chalcobamba, Ferrobamba, Sulfobamba y Charcas (Apurímac); de Quellaveco (Moquegua); de Cañariaco (Lambayeque). Y los proyectos de CENTROMIN PERU comprenden el incremento del valor agregado en la producción minera y expansiones de minas y concentradoras en Cobriza, Casapalca y Cerro de Pasco; expansión de la Fundición y Refinería de Cobre en La Oroya; el proyecto Toro Mocho, etc.

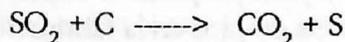
Es decir, el Perú es un país eminentemente minero que busca objetivos de desarrollo económico y, por lo tanto, pretende aumentar el valor agregado de la producción minera incrementando cada vez más su

capacidad de refinación.

Esto significa que los gases sulfurosos que se desprenden de nuestras refinerías de cobre, zinc o plomo, representan una materia prima potencial para la producción de más ácido sulfúrico, en casos de mayor amplitud del mercado, ó para efectuar la reducción del SO₂ a azufre elemental. Otras opciones significarán dejar libremente estos gases a la atmósfera ocasionando la peor contaminación ambiental de todas las épocas...; o frenar indefinidamente la explotación de nuestros recursos mineros y el desarrollo económico que el Perú necesita.

PRODUCCION DE AZUFRE ELEMENTAL

La producción de azufre elemental (S) es factible, y se realiza técnicamente por la reducción del SO₂ con carbón mineral.



En una búsqueda bibliográfica retrospectiva realizada tomando como base las publicaciones del "Chemical Abstract" desde 1961 hasta 1980, se encontraron 47 resúmenes de bibliografías concernientes a la fabricación de azufre elemental a partir de los gases sulfurosos de chimeneas en plantas de tostación. A continuación mencionamos algunas de ellas:

PROCESO ROESNER

(Lurgi-Chemie)

Emplea carbón coke ó antracita a

900°C a fin de asegurar un buen rendimiento de Azufre. Se hace pasar el SO_2 a gran velocidad por la zona de reacción.

Usando bauxita como catalizador se puede operar a unos 500°C. El azufre que se condensa es filtrado obteniéndose un contenido de 99.95% en S.

PROCESO RESOX

El azufre es producido a partir de gases con 20% de SO_2 y se emplea antracita en presencia de vapor. Este proceso no requiere catalizadores. Las temperaturas oscilan entre 1 100°F y 1 500°F. El rendimiento varía entre 90 - 95%.

PROCESO CLAUS

Emplea hornos Claus constituídos por grandes cilindros de unos 10 m de diámetro protegidos contra la corrosión. Utiliza bauxita como catalizador.

PROCESO WESTVACO

Emplea un proceso en lecho fluidizado, usando carbón activado granulado para reducir el SO_2 a S elemental.

¿Y CUALES SON LOS USOS DEL AZUFRE?

El azufre elemental se ha consumido tradicionalmente para la fabricación de fertilizantes e insecticidas; para pulpa y papel; para explosivos; para colorantes derivados del alquitrán

de la hulla; para el caucho; para pinturas y barnices; para productos alimenticios; en fin, para la fabricación de una infinidad de productos químicos.

Dada la enorme producción de azufre generada en todo el mundo para evitar la contaminación del ambiente por los gases sulfurosos, recientemente han surgido nuevos usos para el azufre elemental, especialmente en la construcción de carreteras, ya sea como aislante térmico en la base del pavimento bajo la forma de una espuma rígida de azufre; o como una adición de azufre fundido a la convencional mezcla caliente de asfalto, arena y grava para obtener una capa de rodamiento sumamente dura y superior al pavimento asfáltico, cuando la mezcla se ha enfriado, (El azufre funde a 113°C). En esta última aplicación, el azufre reemplaza aproximadamente al 50% del asfalto tradicionalmente empleado; y se reducen los costos de manera sustancial: el asfalto se vende a razón de US\$ 120 por tonelada, mientras que el precio del azufre es de US\$ 50. ●