



## Diseño de un sistema de captación de polvo de cal en la empresa Pedro Sotto Alba\*

**Autor:** Osyuli Breffe del Pozo

Carrera: Ingeniería en Metalurgia.

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** En el trabajo se exponen los resultados derivados de las mediciones realizadas durante la operación de alimentación de cal a los coaguladores de la planta de tratamiento de agua A, de la fábrica Pedro Sotto Alba de Moa. Se describen los resultados de los cálculos para el dimensionamiento de los equipos propuestos de acuerdo a las normas establecidas en los sistemas de captación de polvos y la del costo de la instalación.

**Palabras clave:** Captación de polvo; cal; empresa Pedro Sotto Alba.

## Design of a lime collection system at Pedro Sotto Alba

**Abstract:** The investigation provides the results obtained from the measurements undertaken during the supply of lime to the coagulators operating in the Water Treatment Plant A from Moa's Pedro Sotto Alba plantsite. It describes the calculation results for the sizing of the proposed equipment in compliance with the standards established for the lime collection system and for the installation costs.

**Key words:** Dust recollection; lime; Pedro Sotto Alba's plantsite.

### Introducción

Dentro de los principales renglones de la economía cubana se encuentra la industria del níquel. Una de las empresas que la conforman es la Pedro Sotto Alba donde se utiliza el proceso hidrometalúrgico de lixiviación ácida a presión de las lateritas. Este proceso cuenta con cinco plantas principales y cinco auxiliares, las cuales preparan las materias primas que se consumen para producir el sulfuro de níquel más cobalto.

Entre sus plantas auxiliares se encuentra la de Tratamiento de agua A, la cual suministra el líquido a todas las plantas involucradas en el proceso tecnológico. Está destinada al tratamiento de agua con dureza de hasta 80 ppm, proveniente en su totalidad del río Moa. El agua se almacena en un embalse, el cual es alimentado por gravedad a través de una conductora o mediante bombas centrífugas que succionan de un canal en el embalse del río.

La planta tiene una capacidad de 950 m<sup>3</sup>/h (4 200 gpm) divididas en dos secciones que comprenden dos coaguladores o clarificadores con tres unidades de filtros que operan en paralelo.

Este tratamiento se realiza adicionando productos químicos al agua, capaces de reaccionar con las sales disueltas en ella y eliminar la dureza temporal que trae la misma.

En la planta se usa el método de cal en frío y los productos empleados para este proceso son: hidróxido de calcio (Ca(OH)<sub>2</sub>) como suavizante, clorhidróxido de aluminio

( $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) como coagulante y dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ) como purificador. Este proceso se efectúa en los coaguladores o clarificadores.

La cal que se utiliza en el proceso de suavización del agua es almacenada en sacos con un peso de 25 kg; se alimenta a una tolva de almacenaje por un elevador sinfín, en dos ocasiones por día; luego, mediante otro sinfín, se dosifica la cal las 24 horas del día a la caja mezcladora, provocando que se mezclen con el agua lo más homogéneamente posible, para su posterior alimentación a los coaguladores. Cuando se realiza la operación de llenado de la tolva y el transporte hacia la caja mezcladora se desprenden grandes cantidades de polvos que se pierden y no son recuperados. El mismo afecta las operaciones por la poca visibilidad que se produce cuando se alimenta la tolva de almacenaje, además de la afectación a la salud de los operadores.

Para solucionar el problema planteado se propuso desarrollar el siguiente objetivo: proponer el diseño de un sistema de captación de polvos que permita recuperar la cal y trabajar en la planta con valores permisibles de concentración de cal en el ambiente.

La importancia económica de la captación de polvo radica no solamente en el aprovechamiento de los componentes valiosos y de las impurezas gaseosas. El efecto mucho más económico se logra evitando el perjuicio causado por el polvo y los gases que se botan a la atmósfera, a la naturaleza, a la agricultura, a las construcciones, a la fauna y, en alto grado, a la salud humana.

La magnitud de los gastos para la purificación de gases depende de muchos factores: tecnología de la captación de polvo y la construcción del equipo, particularidades del proceso, consumo de energía eléctrica y materiales.

Para dar solución a este problema ambiental se estableció la necesidad de construir un sistema móvil de extracción de polvo producido durante el proceso de arenado en el lugar de trabajo, sistemas que son muy comunes en empresas dedicadas a trabajar con productos nocivos para la salud.

El sistema diseñado para suplir la necesidad planteada se basa en la ventilación localizada, la cual estará compuesta por un brazo extractor flexible de poliuretano resistente a la abrasión, dos separadores de partículas de polvo, entre los cuales se encuentra el ciclón y el filtro de mangas cumpliendo la misma función pero para

diferentes tamaños de partículas y, finalmente, un ventilador de tiro inducido que será importante para generar el vacío óptimo para la correcta extracción del polvo suspendido en el ambiente.

### Medición de la concentración de polvo

Para realizar las mediciones, en diferentes áreas del local donde se envasa y transporta la cal para alimentarla al coagulador en la planta de tratamiento de agua A, se utilizó el equipo Microdust Pro; los resultados obtenidos en el dosificador de cal se muestran en las Figuras 2 y 3.



Figura 1. Dosificadores de cal.

### Muestreo en el dosificador de cal (con campana cerrada)

Fecha y hora inicial 25/04/2012 10:25:53

Fecha y hora final 25/04/2012 14:29:58

Duración H: M: S 04:04:05

Promedio corregido 6,561 mg/m<sup>3</sup>. Muestreo en el dosificador (sin la campana cerrada)

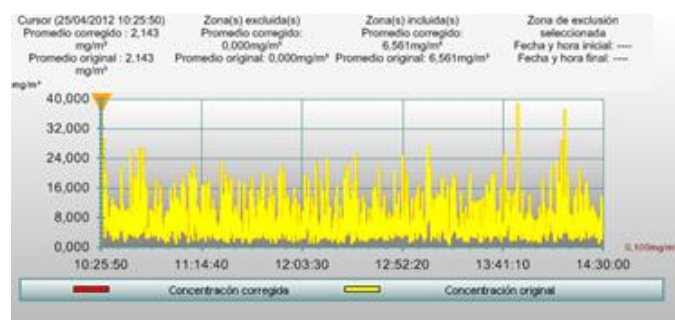


Figura 2. Medición en el dosificador de cal con campana cerrada.

### Muestreo en el dosificador (sin la campana cerrada)

Fecha y hora inicial 23/05/2012 9:41:25

Fecha y hora final 23/05/2012 9:47:01

Duración H: M: S 00:05:36

Promedio corregido 346,889 mg/m<sup>3</sup>

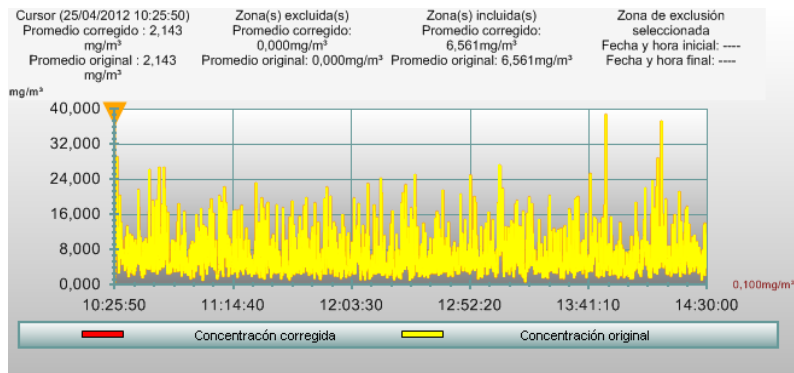


Figura 3. Muestreo en el dosificador sin la campana cerrada.

### Medición en el punto de alimentación de la cal en el sinfín elevador

En la Figura 4 se muestra como el operador vierte la cal en el sinfín elevador, donde se almacena la misma en una tolva, la cual es dosificada por un sinfín las 24 horas y transportada por gravedad hacia la caja de reacción de los coaguladores.



Figura 4. Elevador de cal (sinfín).

Fecha y hora inicial 23/05/2012 9:48:05

Fecha y hora final 23/05/2012 10:06:47

Duración H: M: S 00:18:42

Promedio corregido 33,736 mg/m<sup>3</sup>

La norma cubana NC-872 del 2011, en los límites admisibles de exposición laboral, establece que la concentración máxima admisible, cuando se trabaja con hidróxido de calcio, es de 5 mg/m<sup>3</sup>; de acuerdo a las mediciones realizadas se pudo comprobar que las concentraciones de hidróxido de calcio (cal) en las diferentes áreas de preparación se encuentran por encima de los establecidos por las normas cubanas.

### Resultados de los cálculos

Aplicando la metodología de cálculo para el diseño de las campanas se utilizaron los siguientes datos:

#### Campana 1: Localizada en los dosificadores

Alto: 0,4 m

Ancho: 0,6 m

Material: Aluminio

Altura total: 0,75 m

$A = 0,24 \text{ m}^2$  según fórmula  $A = L \cdot H$

$Q = 0,1173 \text{ m}^3/\text{s}$  según fórmula  $Q = 0.02 \cdot (V_a (10 \cdot (10 \cdot D^2 + A)))$

Donde:

A: Área de la campana, m<sup>2</sup>

L: Largo de campana, m

H: Ancho de la campana, m

Q: Flujo volumétrico, m<sup>3</sup>/s

V<sub>a</sub>: Velocidad del aire, m/s

D: Distancia del foco contaminante a la campana, m

A: Área de la campana, m<sup>2</sup>

#### Campana 2: Localizada en el elevador de cal

Alto: 0,36 m

Ancho: 0,72 m

Material: Aluminio

Altura total: 1,4 m

$$A = 0,2592 \text{ m}^2$$

$$H/L = 0,36/0,72 = 0,5 > 0,2$$

$$Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_t = 0,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Selección del ducto

El ducto en un sistema de extracción localizada es el lugar por donde se traslada el aire contaminado desde la campana, que se encuentra junto al foco contaminante, al punto en que se ha ubicado el separador y la descarga. Cuando ese aire pasa por cualquier ducto debe vencerse la resistencia originada por la fricción y, por lo tanto, hay que gastar energía. La magnitud de esta pérdida por fricción tiene que ser calculada antes que el sistema sea instalado, con el objeto de elegir el ventilador más adecuado.

Para realizar los cálculos y selección del diámetro de los ductos se utilizaron las fórmulas:

$$Q = VA \quad A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Donde:

Q: Flujo Volumétrico,  $\text{m}^3/\text{s}$

V: Velocidad del fluido,  $\text{m}/\text{s}$

A: Área del Ducto,  $\text{m}^2$

D: Diámetro del ducto,  $\text{m}$

### Datos:

Material: Acero al carbono

V: 16  $\text{m}/\text{s}$ . Según marco teórico

$$Q = 0,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,203 \text{ m}$$

### Cálculos de las caídas de presión del sistema

Diámetros del tubo: 0,203 m

Longitud del ducto: 18 m

Diferencia de altura: 6,2 m

Accesorios

Te: 1

Codo 90°: 5

Pérdidas por fricción: 0,294 kPa

Pérdidas por accesorios:  $0,0647 \cdot 5 = 0,3235$  kPa

Pérdidas por las campanas: 4,2 kPa

Pérdidas totales: 4,826 kPa

### **Datos para la selección del ventilador**

Flujo: 0,52 m<sup>3</sup>/s

Presión de trabajo: 4,8 kPa

Temperatura: 35°C

Humedad: 88 %

Potencia: 7,5 kW

### **Torre lavadora de gases**

Con el objetivo de separar el polvo de cal del aire se diseñó una torre lavadora de gases con las siguientes características:

Fluido por la parte inferior: Polvo con alta concentraciones de cal.

Fluido por la parte superior: Agua con una presión de 827 kPa de forma atomizada.

Cantidad de spray: 4

Diámetro interior: 0,5 m

Altura: 1,2 m

Temperatura de operación: 35°C

Presión de diseño: 202,7 kPa

Los cálculos anteriormente descritos fueron realizados empleando las fórmulas que se relacionan en el Capítulo 2 sobre la metodología que argumentan Gordon y Peisajov (1981).



Con los equipos anteriormente seleccionados se diseñó un sistema de captación de polvo para lograr recuperar el 99 % de la cal contenida en el ambiente donde se alimenta y dosifica la misma.

El diseño propuesto cuenta con dos campanas de extracción de gases en el dosificador que cubren todo el área, una campana en el alimentador, un ducto de 0,203 m de diámetro, dos ventiladores (los cuales succionan de las diferentes campanas) y una torre lavadora de gases, la cual tiene la función de separar el sólido del gas; también cuenta con 4 spray, que son los encargados de rociar el agua a presión para separar las partículas que se encuentran en los gases.

### Determinación del costo capital de la inversión

De acuerdo con las ofertas recibidas de los equipos y materiales para la implementación del sistema de captación de polvo y utilizando el software Cleopatra se determinó el costo capital de la inversión, el cual es de 186 000 USD. En la Tabla 1 se desglosan las partidas con el estimado de gasto total.

**Tabla 1. Estimado de Costo Capital**

	<b>Capital USD</b>
Equipos	34 000
Instalación	34 500
Tuberías	6 000
Instrumentación	1 000
Eléctrica	8 000
Civil, trabajo en el sitio	7 500
Edificio & Estructura	38 000
Insulación & Pintura	1 000
<b>Total de costos directos</b>	<b>130 000</b>
Ingeniería	6 000
Otros	27 000
<b>Total de otros costos relacionados</b>	<b>33 000</b>
Contingencia	23 000
<b>Subtotal del proyecto</b>	<b>186 000</b>
<b>Total de gastos</b>	<b>186 000</b>

### **Justificación del proyecto**

Este proyecto se justifica sobre la base de mejorar las condiciones de trabajo en el almacén de cal, teniendo en cuenta los efectos perjudiciales causados por las partículas de cal al ponerse en contacto con el operador, así como para el medio ambiente.

Con la ejecución de este proyecto se minimizarán los riesgos de contaminación por  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dando cumplimiento a la Resolución No.139/2004 adoptada por el gobierno cubano sobre "Las Condiciones y requerimientos ambientales para el desempeño de la actividad de Moa Nickel S.A" (Normas de Operación).

También se le dará cumplimiento a la norma NC-872 del 2011 del Sistema de Normas de Protección e Higiene del Trabajo, que establece los Niveles Límites Admisibles de las sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo. Según esta norma, la concentración promedio admisible para la cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  es de  $5 \text{ mg/m}^3$ . Por otra parte, se evitará la compactación de la cal almacenada, y las consiguientes tupiciones en el sistema de dosificación que pudieran atentar contra la calidad del proceso de tratamiento de agua.

### **Conclusiones**

A partir de los datos enviados por los suministradores de cal a la empresa Pedro Sotto Alba, se relacionaron las propiedades físicas y químicas de la misma.

Las mediciones realizadas con el equipo MICRODUST PRO demostraron que existen concentraciones de cal en el aire por encima de las normas establecidas.

A partir de las teorías brindadas por las diferentes bibliografías se pudo diseñar un sistema de captación de polvo, el cual permitirá disminuir las concentraciones de cal en el aire por debajo de las normas establecidas. El mismo se justificará económicamente, ya que evitaría penalizaciones a la empresa por no cumplir con los estándares de operaciones.

### Referencias bibliográficas

GORDON, G. M. & PEISAJOV, L. 1981: *Captación de Polvos y Purificación de gases en la metalurgia de metales no ferrosos*. Editorial Mir. Moscú.

Normas de Operación. 2004: Empresa Pedro Sotto Alba. Moa.

\* Trabajo tutorado por el Dr. C. Eulícer Fernández Maresma y el Ing. Ariel Breff Azahares.