

TÍTULO: SISTEMA PARA TRATAMIENTO DE AGUA DE CENIZA DE LAVADO DE GASES DE CALDERAS

Autores: Cláudio M. Vaz, Sérgio M. Stamile Soares y José Oswaldo da Silva
ENGENHO NOVO Tecnologia Ltda. - TecEN Comercial Ltda.
Rua Acre 83, 9º andar – Centro - Rio de Janeiro/RJ – CEP: 200081-000 - Brasil
www.engenovo.com.br / engenovo@engenovo.com.br

RESUMEN

Para atender a las reglamentaciones ambientales de hoy, los gases emitidos por calderas que utilizan bagazo de caña y otros tipos de biomasa similares deben, obligatoriamente, pasar por una etapa de lavado eficiente para remoción de las partículas sólidas que son arrastradas. La opción de lavado de gases *vía húmeda*, aunque adecuada y de bajo costo, topa en la dificultad de contar con un proceso eficiente de remoción de la ceniza del agua.

En este contexto, se desarrolló una nueva tecnología eficiente y de simple concepción, para el tratamiento de agua de ceniza oriunda del lavado de gases y ceniceros de las calderas. El sistema opera en circuito cerrado, posibilitando a recirculación de toda la agua para el proceso y la separación de los sólidos de forma compacta y apropiada para el transporte.

PALABRAS LLAVES

Tratamiento de agua de ceniza; Limpieza de gases; Lavado de gases de calderas; Scrubber - Decantación

1. INTRODUCCIÓN

Para la instalación de un sistema de limpieza de gases de calderas que utilicen biomasa del tipo bagazo de caña como materia prima, algunos aspectos importantes deben ser considerados en el proyecto y, mismo, en la selección de la tecnología a ser empleada.

Limpieza de Gases y Limpieza de Ceniceros:

En la quema de bagazo de caña en calderas, la parte más leve de los sólidos residuales es arrastrada por los gases, requiriendo la instalación de sistemas de limpieza después de las calderas, para la preservación de la emisión gaseosa dentro de los parámetros ambientales reglamentarios.

Los sólidos no arrastrados por los gases se depositan en los ceniceros de las calderas y necesitan ser removidos para evitar la obstrucción del equipo y pérdida de eficiencia de la operación. Para la optimización de la infraestructura de manoseo y transporte de los sólidos residuales de la quema y consecuente reducción de costos, los proyectos de los sistemas de limpieza de gases y de limpieza de ceniceros deben ser considerados en conjunto.

Calidad y Cantidad de Sólidos:

La calidad y la cantidad de los sólidos residuales oriundos de la quema del bagazo independen de los sistemas de limpieza a ser empleados. Su calificación y cuantificación, aunque

extremadamente difíciles de ser previstas, son fundamentales para un adecuado proyecto de los sistemas de limpieza.

De forma general, los sólidos residuales comprenden, además de ceniza de bagazo, grande cantidad de material no quemado y residuos minerales oriundos del suelo (arena y arcilla). El total de ceniza esperado puede ser relacionado directamente a la capacidad de generación de vapor de la caldera. La cantidad de bagazo mal quemado depende de la eficiencia de quema de la caldera, la cual depende del tipo y de las condiciones operacionales del equipo. Calderas más modernas tienden a generar menos bagazo mal quemado. Los sólidos minerales dependen de los procesos de cosecha y transporte de la caña, bien como, de la existencia y de los tipos de sistemas de lavado de la caña en la industria. Con el aumento de la cosecha mecanizada, y la consecuente reducción de la utilización de agua de lavado en la caña, mayor cantidad de esos sólidos viene siendo admitida en las calderas. Todavía, es importante resaltar que cada uno de los sólidos antes mencionados presenta características diferentes de densidad y granulometría, las cuales afectan mucho el comportamiento delante de los procesos usuales de separación.

Transporte y Remoción de los Sólidos:

Una vez separados, los residuos necesitan ser removidos de la industria. La viabilidad de implantación de sistemas de limpieza depende, en mucho, de los sistemas a ser empleados para el manoseo y transporte de esos sólidos. La práctica de lanzamiento de estos residuos en el agua de lavado de la caña viene se volviendo cada día más inviable. Por un lado, las presiones ambientales para lanzamientos hídricos y, por otro, los costos del agua y los propios requisitos del proceso industrial, viene exigiendo la introducción de sistemas de reciclo de agua independientes y en circuito cerrado. Para viabilizar su remoción de la industria por vía rodoviaria, los sólidos residuales deben ser concentrados, transportados y dispuestos de forma apropiada, evitándose al máximo la necesidad de utilización de palas cargaderas, correas transportadoras y equipos similares que presentan altos costos de inversión, operación y mantenimiento.

Sistemas de Limpieza de Ceniza

Los sistemas de limpieza de ceniza existentes en la técnica siguen dos rutas principales: *vía seca* y *vía húmeda*.

Para la limpieza de ceniceros, es común la utilización de la *vía húmeda*, donde el agua es el vehículo de transporte de los sólidos. Cuando la operación es hecha en circuito cerrado, el agua con los residuos removidos de los ceniceros debe pasar por un sistema complementario de tratamiento para limpieza, y así evitar problemas de bloqueo en las tuberías, además del desgaste de tuberías y equipos.

Los sistemas de limpieza de gases existentes en la técnica pueden ser del tipo *vía seca* o *vía húmeda*. En la *vía seca* están comprendidos los equipos del tipo *Ciclones* y *Separadores Electrostáticos*. Sistemas tipo *Ciclones* fueron instalados en el pasado en usinas de azúcar en el Brasil. Sin embargo, de forma general, la calidad de los gases emitidos de esos equipos no atendía a las legislaciones de control ambiental. Por otro lado, sistemas del tipo *Separadores Electrostáticos* presentan calidad de separación superior a los *Ciclones*, sin embargo, demandan una alta inversión de instalación.

Los sistemas de limpieza de gases que utilizan a *vía húmeda* (lavadores de gases o *scrubbers*) son de concepción simple, bajo costo de inversión, y presentan grande eficiencia de limpieza de los gases. En estos sistemas, la limpieza de los gases es hecha con agua limpia bombeada por medio de boquillas aspersores en las cámaras de pasaje de los gases. En el caso de operación en circuito cerrado, el agua con residuos debe ser reciclada después de pasar por un sistema de tratamiento para remoción de sólidos, de forma a no provocar problemas de bloqueo en las boquillas lavadoras y desgaste de tuberías y equipos.

Aunque la opción de limpieza *vía húmeda*, tanto para la limpieza de gases cuanto para la limpieza de ceniceros, sea considerada la más adecuada con relación a los costos y a la eficiencia, topa en la necesidad de contarse con un proceso efectivo para la remoción de los sólidos del agua y, de esta forma, posibilitar su recirculación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo presenta un proceso para el tratamiento del agua de ceniza (y de los demás sólidos oriundos de la quema de bagazo), desarrollado bajo la óptica de los aspectos discutidos en el ítem anterior, para operar en asociación con sistemas de limpieza de gases y ceniceros del tipo *vía húmeda* (lavadores de gases o *scrubbers*).

El mercado:

Debido al aumento de las exigencias ambientales, mayor atención viene siendo dada a la conservación de aguas y reducción de emisiones hídricas y gaseosas en las usinas de alcohol y azúcar, propiciando espacio para la introducción de nuevas tecnologías de tratamiento de efluentes. No obstante las exigencias reglamentáis vigentes, la introducción de tales tecnologías en un parque industrial ya instalado como el azucarero-alcoholero, requiere atención a algunas imposiciones naturales del mercado. Especialmente por ser usualmente considerado como un sector de costos y no de ganancias, el sector de tratamiento de efluentes no despierta mucho la atención del empresario.

De esa forma, tal introducción se hace, generalmente, en sintonía con estrategias de ampliación de la capacidad de producción o de substitución de equipos existentes que se encuentren en mal estado de conservación o presenten alto costo de operación o mantenimiento. Por otro lado, buscando evitar la connotación del sector de costo, el desarrollo de nuevas tecnologías de tratamiento de efluentes ha buscado asociar los costos de la etapa de tratamiento a posibles beneficios periféricos, tales como; recuperación de subproductos de proceso y de agua, con enfoque especial en este último ítem, debido a la tendencia mundial de aumento del costo del agua, que ya viene siendo experimentado por los más diversos sectores de producción.

Premisas para el Desarrollo:

Delante de lo expuesto arriba, y con base en los aspectos presentados en el ítem anterior, se partió para el desarrollo de una tecnología que hiciese viable el empleo de los sistemas de lavado de gases *vía húmeda* (*scrubbers*) considerándose las siguientes premisas principales:

- Atender a la calidad del agua requerida por los sistemas de lavado de gases existentes en el mercado;
- Recuperar el agua para ser usada en el propio proceso;
- Presentar un costo de operación y de mantenimiento significativamente inferior al de los sistemas de tratamiento de agua de ceniza ora existentes;
- Disponer los sólidos de ceniza en una forma adecuada para el transporte.

Etapas de Desarrollo:

El desarrollo del proceso tuvo como soporte técnico los trabajos desarrollados por los autores en separación sólido-líquido, con especial atención en los mecanismos físico-químicos de

coagulación y floculación, así como en la experiencia absorbida a lo largo de casi 20 años en el desarrollo de nuevas tecnologías de proceso para el sector azucarero- alcoholero. Considerándose las premisas antes relacionadas, el desarrollo de la tecnología ocurrió conforme la siguiente ordenación de actividades:

- Desarrolló, en fase de laboratorio de las etapas de floculación y decantación, definiéndose un producto adecuado para inducir la coagulación de los sólidos residuales oriundos de la quema de bagazo (ceniza, bagazo mal quemado, arena y arcilla), consolidándose los parámetros del proceso, tales como: tiempo de reacción de floculación, tiempo de decantación y dosificación del producto;
- Desarrolló del proyecto mecánico de las células de decantación, considerándose, en especial, los tiempos de retención, los ángulos de reposo y las velocidades de sedimentación de los diversos sólidos envueltos en el proceso;
- Búsqueda de un cliente potencial del sector azucarero-alcoholero interesado en la utilización de la tecnología para, en colaboración, propiciar el scale-up del sistema;
- Montaje, junto al cliente, de una unidad pionera en escala industrial para demostración de la tecnología.
- Comercialización del producto, haciendo antes los ajustes necesarios de proceso y utilizando la unidad pionera implantada como vitrina.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso comprende una etapa de floculación de los residuos y posterior decantación rápida de los sólidos floculados. El lodo de ceniza extraído del decantador es transportado hidráulicamente para una etapa de concentración en tamices y posterior desecho. Como características principales del proceso pueden ser destacadas:

- Obtención de una agua limpia, libre de sólidos en suspensión, adecuada para ser reciclada para las boquillas aspersoras de los scubbers;
- Concentración de los sólidos y disposición adecuada para ser removidos por transportes rodoviaros;
- Transporte hidráulico de los sólidos, dispensando la utilización de mecanismos del tipo esteras, corrientes, reductores, etc. de alto costo de mantenimiento;
- Compacidad y posibilidad de montaje en módulos de acuerdo con la capacidad de tratamiento necesaria.

Descripción del Proceso:

En el diseño de la Figura 1 es presentado el proceso de forma esquemática. El agua con ceniza oriunda de los ceniceros y *scubbers* admitida en una cámara de floculación localizada en la entrada de la célula de decantación, donde recibe la dosificación de cerca de 0,5 ppm de producto auxiliar de floculación, desarrollado especialmente para a floculación de ceniza.

El agua con ceniza, ya floculada, sigue para una segunda cámara en la célula de decantación, donde ocurre la sedimentación de los sólidos floculados en el fondo del tanque. En la Figura 2, se muestra una simulación *in vitro* de las varias etapas de decantación del agua de ceniza en el interior del decantador, después de la etapa de floculación.

El lodo de ceniza decantado en el fondo del tanque escoca por gravedad para un tanque de lodo, y de este es bombeado para tamices estáticas tipo DSM o similar (Figuras 3 y 4), donde los sólidos son separados y descargados para una tolva para después ser transportados. El agua cernida retorna para el inicio del proceso de tratamiento. En los tamices ocurre la separación de gran parte de las partículas sólidas inferiores a la granulometría de las telas, debido a la superposición de lodo sobre la tela que actúa como auxiliar filtrante, y también gracias al efecto de floculación aún presente en el medio.

El agua clarificada, libre de partículas sólidas, verte, por gravedad, del tanque de decantación (Figuras 5 y 6) para un tanque de agua limpia, donde es hecha la alimentación de agua de *make-up* para reposición del volumen perdido en el proceso. De este tanque, el agua limpia es bombeada de vuelta para los *scrubbers* y ceniceros. En las Figuras 7 y 8, se muestra una unidad instalada para el tratamiento de 2.650 gal/min (600 m³/h) de agua de ceniza.

4. CONCLUSIONES

Las premisas de desarrollo de la presente tecnología se mostraron acertadas, especialmente en lo que tañe a la identificación del sistema de lavado de gases *vía húmeda* como el más apropiado para hacer frente a las exigencias de mercado.

La consolidación del proceso fue lograda ya en la primera unidad industrial, habiendo pasado por pequeñas alteraciones el proyecto mecánico de las células de decantación, visando, entre otros efectos, favorecer el escurrimiento del lodo de ceniza en el interior del tanque y consecuente reducción de costos de fabricación.

Algunas optimizaciones, tales como la optimización del proyecto de bombeo del lodo de ceniza, fueron introducidas en el sistema a lo largo de las implantaciones subsiguientes, haciéndolo más económico y confiable,

Actualmente, cinco unidades de tratamiento de agua de ceniza utilizando la presente tecnología se encuentran operando, con suceso, en el Brasil; y otras dos se encuentran en fase de montaje. La tecnología viene consolidándose rápidamente en el mercado, siendo recomendada incluso por los órganos de fiscalización ambiental. En Centro América, se ha comenzado el montaje de dos nuevas unidades, estando en negociación la implantación de otras unidades para la próxima zafra.

Debido a su simplicidad de montaje, las unidades pueden ser suministradas conforme objetivos diferentes, desde el suministro del sistema completo en la forma *turn key*, hasta el proyecto completo de fabricación y montaje para ejecución por el cliente. Todas las opciones comprenden la provisión de asistencia técnica para la partida y entrenamiento operacional del sistema.

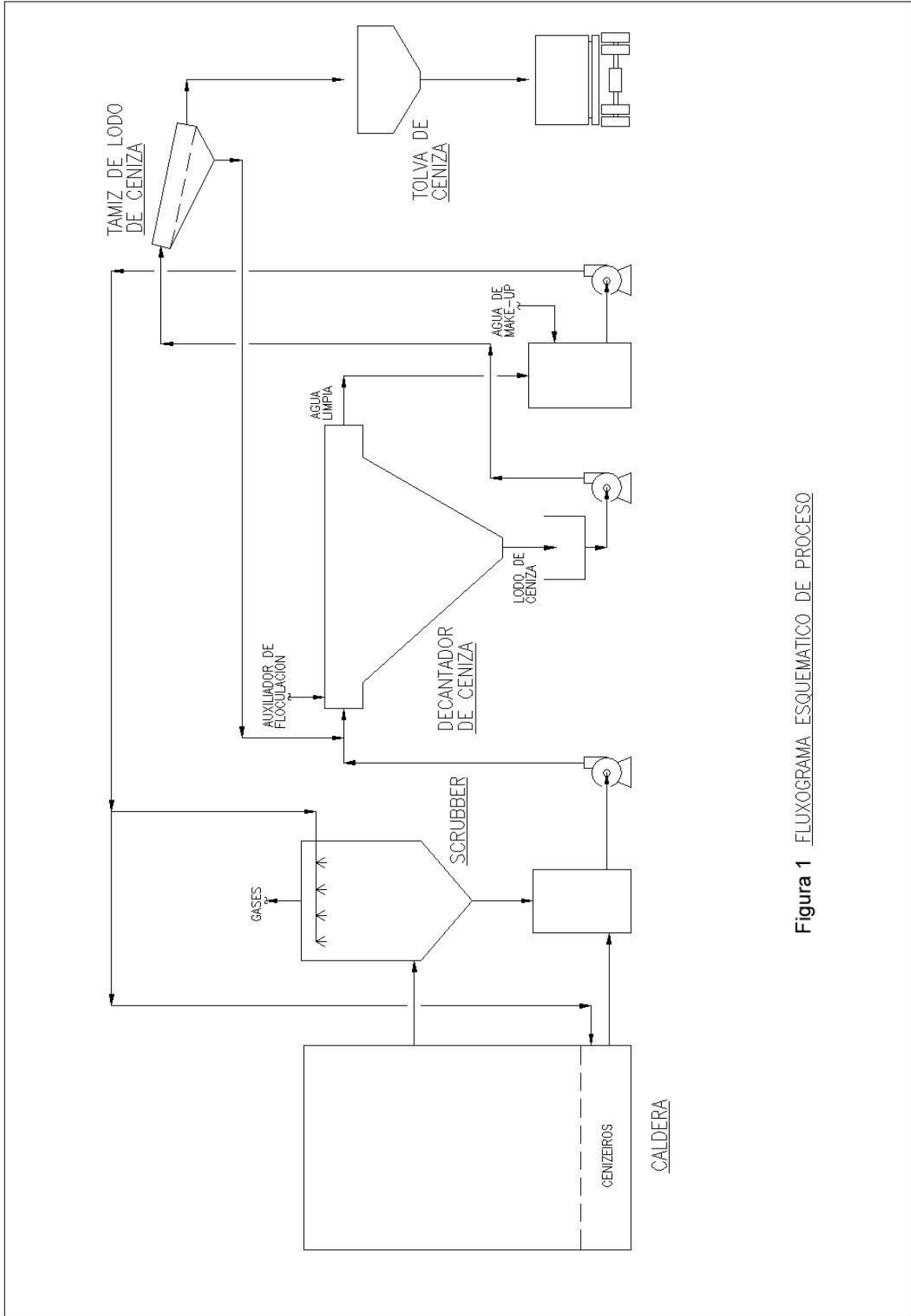
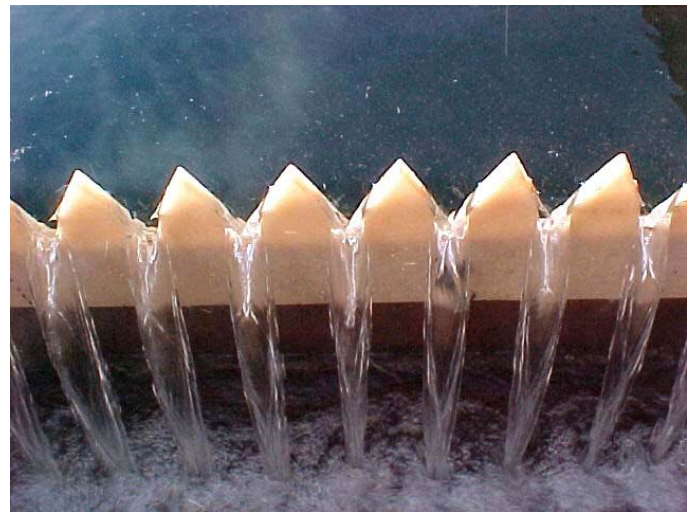


Figura 1 FLUXOGRAMA ESQUEMATICO DE PROCESO



Figura 2: Simulación *en vitro* de las varias etapas de decantación del agua de ceniza en el interior del decantador, después de la etapa de floculación.



Figuras 5 y 6: Agua limpia en la salida de la célula de decantación



Figuras 7 y 8: Unidad de tratamiento compuesta por cuatro células de decantación para el procesamiento de 2.650 gal/min (600 m³/h) de agua de ceniza.

Arriba: Vista superior de las células de decantación en operación.

Abajo: Vista general del sistema de:

- | | |
|---|--|
| 1 – Células de decantación (04) | 2 – Tanque de agua limpia (agua tratada) |
| 3 – Tanques de producto auxiliar de flocculation (02) | 4 – Tamices de lodo de ceniza |
| 5 – Tolva de lodo de ceniza | 6 - Scrubbers |

