

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ASPIRACIÓN SECUNDARIO DE LA ACERÍA DE SIDERCA PLANTA CAMPANA

Vicente Nadal Mora, Joaquín Piechocki, Santiago Pezzotti, Leonardo Luján, Francisco Ajargo, Rogelio Faut, Juan F. Martiarena

Grupo de Ingeniería Aplicada a la Industria, UIDET GTA-GIAI, Departamento de Aeronáutica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Calle 116 e/ 47 y 48, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Email: giai@ing.unlp.edu.ar

Palabras clave

Ventilación, Acería, Humos, Sustentabilidad Ambiental.

Resumen

En el presente trabajo se aborda la problemática de captación de gases generados en los dos hornos de la acería de SIDERCA, Planta Campana, durante el proceso de carga de chatarra. En la actualidad los gases emitidos son captados por un sistema de aspiración secundaria (captación remota), a través de una campana situada sobre los hornos. El objeto del estudio es desarrollar soluciones técnicas que permitan suprimir la emisión de humos a partir de la generación de modelos de ingeniería del proceso estudiado.

El trabajo se dividió en 3 etapas. La Etapa I estuvo dirigida al análisis documental y relevamiento del sistema analizado, la generación de un modelo analítico de generación de humos y su contrastación con datos experimentales relevados en planta, y la elaboración de un diagnóstico de la situación actual. La Etapa II comprendió la construcción de modelos teóricos del sistema de aspiración, el cual a partir de su contrastación con información experimental, permitió realizar un análisis de la situación de operación de estos sistemas. La Etapa III incluyó el estudio de soluciones técnicas tendientes a la reducción de las emanaciones, comprendiendo una evaluación de su impacto tanto desde el punto de vista ambiental, como operativo y de intervención en el equipamiento existente.

El resultado del estudio es la elaboración de un modelo de ingeniería del proceso, que permite el diagnóstico del sistema de aspiración, el desarrollo de soluciones técnicas que incluyen la intervención en distintas etapas del proceso, y el desarrollo de un dispositivo innovador como reemplazo de las actuales cestas de carga de chatarra. Este conjunto de soluciones técnicas, además de ofrecer la reducción del impacto ambiental y sanitario de las emisiones, tiene como consecuencia de su aplicación beneficios colaterales como el ahorro de energía en el proceso.

Introducción

El presente estudio se enmarca en la realización de una asistencia técnica a la empresa SIDERCA, planta Campana, con el objetivo de caracterizar la situación actual del sistema de aspiración asociado a los hornos de arco eléctrico (EAF) de la acería, elaborar un modelo de análisis y diagnóstico, y desarrollar posibles modificaciones tendientes a disminuir la emisión de gases.

En particular la parte del proceso que se estudia comprende la extracción de electrodos del horno, la apertura de la tapa y retracción del sistema de aspiración primario (inicio de la operación del sistema secundario de aspiración); la carga de chatarra en el horno a través

de la descarga desde una cesta que transporta un puente grúa, retirada de la cesta y colocación de la tapa en el horno. Dentro de este proceso, el momento de emisión de humos crítico es el momento de la descarga de chatarra.

El trabajo realizado incluyó el estudio y análisis de la documentación disponible referente a información técnica sobre el equipamiento, procedimientos operativos, ensayos realizados, configuraciones, modificaciones realizadas sobre el sistema e inversiones futuras sobre el proceso. Sobre esta base se aplicó un modelo que permite estimar la cantidad de humos generados durante la carga de chatarra al horno, el cual fue validado en base a la toma de datos in situ. De la misma manera se desarrolló un modelo del sistema de aspiración, contrastado y validado por inspecciones y datos experimentales tomados para este fin. Con este modelo se estimaron caudales de operación en el marco de la determinación de puntos de operación de los subsistemas componentes. Finalmente se desarrollaron propuestas de mejoras del sistema.

Desarrollo

El sistema estudiado es el Sistema de Aspiración Secundario de los Hornos N°4 y N°5 de la Acería de SIDERCA de la Planta de Campana. Toda la acería en su nave principal y las naves laterales posee una superficie aproximada de 30.000 m². A su vez, existe un sistema de aspiración complementario que contribuye a la aspiración secundaria de los humos de ambos hornos.

En la Figura 1 se puede observar un esquema de configuración del sistema, y una fotografía demostrativa de su magnitud. Los componentes principales del Sistema Secundario son las campanas de extracción asociadas a los Hornos N° 4 y N° 5, ductos, ciclones de particulado, torre de enfriamiento (sólo para el Horno N°4), casas de filtros, sopladores y chimeneas de salida. El sistema que se presenta opera también con el Sistema Primario, con la posibilidad de regular el caudal de extracción asociado a cada sistema.

La emisión de humos de mayor intensidad, dada al momento del volcado del lote de chatarra en el horno, que decrece en el tiempo, y que ha sido observada largamente en la bibliografía [1, 2], representa la condición de dimensionamiento del sistema de extracción. La duración medida de este pico de emisiones fue de 40 segundos a 120 segundos.

Fue posible observar en la situación actual que los humos generados son captados parcialmente por la campana de aspiración secundaria.

Para estimar la generación de la pluma en el horno se utilizó el modelo propuesto por McKernan [3], en el cual se estima la velocidad media de plumas que surgen del proceso exotérmico de gasificación y combustión que se produce al liberar compuestos orgánicos sobre la superficie del horno. Esta estimación permitió aproximar su morfología y estimar el flujo volumétrico bajo la hipótesis de una generación continua. Como modelo simplificado de difusión se considera un cono con un origen virtual, en cuyo interior se propone establecer una distribución gausseana de velocidades con valores máximos axilsimétricos. El modelo se basa en establecer una capa límite entre la velocidad ascensional de la pluma el entorno de manera que oficie de frontera.

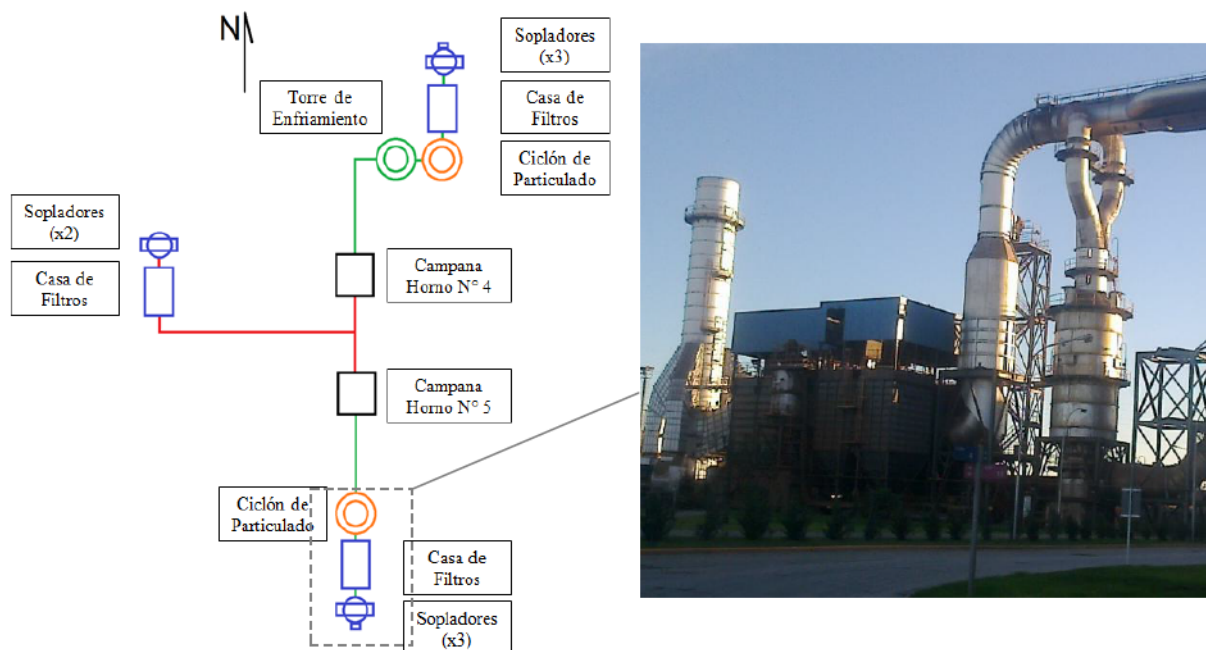


Figura 1- Esquema representativo del Sistema Secundario de Aspiración de Humos e imagen del Sistema Secundario Sur

La estimación generada por el modelo se contrastó con mediciones de generación de humos. Las mediciones realizadas a partir de material filmico recogido en una campaña arrojaron valores emisión instantánea menores a las estimaciones del modelo (del orden del 10%). La velocidad ascensional medida valida la estimación del modelo y se encuentra en el orden de 5 m/s en el centro de la pluma como promedio en los iniciales 7 segundos. El volumen acumulado en 7 segundos de aspiración, momento en el cual estimativamente el volumen aspirado es mayor o igual al emitido, se estima de una media de 4.850 m^3 .

El sistema de extracción de humos está compuesto por una serie de subsistemas. Se obtuvieron los caudales medios estimados a partir de mediciones realizadas previamente sobre estos componentes.

En base a la construcción de un modelo del sistema que incluyó la consideración de cada uno de sus componentes principales a lo largo de su trazado, se determinaron los puntos de operación de los sistemas secundarios, norte, sur y oeste. El resultado de este proceso fue la determinación de las curvas de pérdida de carga teóricas en función del caudal, para disponer de las curvas de operación de los sopladores. A partir de mediciones de presión estática en el soplador se pudo obtener el punto de operación en la situación actual. En la Figura 2 se presenta la curva de operación del Sistema norte - Horno 4.

Como consecuencia del contraste entre la capacidad de aspiración del sistema de extracción secundario al respecto a la capacidad de la generación de humos se pudo establecer que el sistema de campanas de extracción, además de la función de mejora de la captación de los humos, debe tener una capacidad de confinamiento tal que permita acumular el remanente entre emisión y extracción generado durante los primeros 7 segundos.

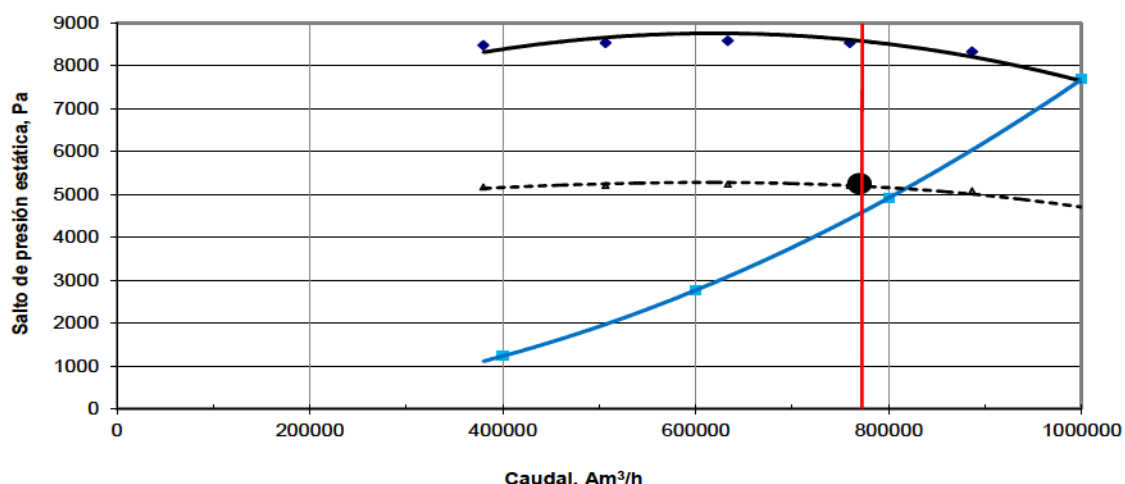


Figura 2 - Curva de operación del sistema secundario norte – Horno 4. La línea azul indica la curva teórica de carga del sistema, la línea negra representa la curva de los ventiladores (fabricante), el punto negro indica la presión medida a la entrada del ventilador, la curva punteada es la curva del ventilador trasladada al punto de presión medido.

En la Figura 3 se observa una simulación en CFD de un modelo simplificado del fenómeno. El comportamiento en términos cualitativos y de patrón de configuración que se observa resulta coincidente con la descripción que prevé la bibliografía [4], se verificó experimentalmente. Este patrón indica la existencia de corrientes descendentes en el perímetro de la campana que muestra el caudal que fuga de la campana.

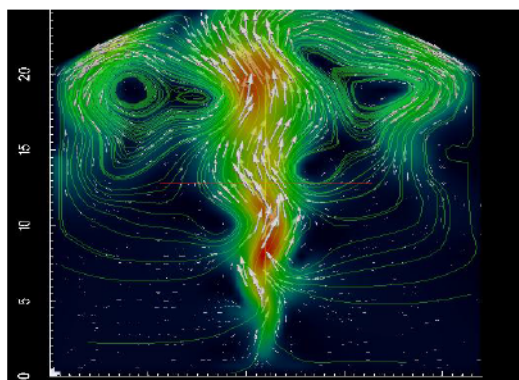


Figura 3 – Simulación en CFD, realizada con OpenFOAM, de un modelo esquemático del proceso de aspiración secundaria cuyo patrón verificada in situ.

La difusión y mezcla de los humos generados en la pluma del horno supone requerir de una mayor energía conforme aumenta la distancia de su desarrollo hasta su captación.

Planteo de alternativas de mejora en el sistema secundario

Las soluciones tecnológicas tendientes a disminuir la emisión a la atmósfera de humos que se propusieron incluyen distintos niveles de intervención en la infraestructura y en los procesos asociados, con niveles de impacto sobre ellos también distintos.

Para alcanzar el objetivo propuesto en el presente trabajo se desarrollaron las líneas indicadas a continuación, que corresponden a estrategias de abordaje del problema. El orden indica, de mayor a menor, el ahorro de energía en el proceso asociado: reducción de la generación de contaminantes, captura del contaminante en la fuente de generación, captura remota del contaminante.

La reducción de la generación de gases en el proceso de carga es posible mediante la disminución de compuestos orgánicos y humedad de la chatarra, implicando además una disminución de la energía requerida para su gasificación y extracción de humos, y un menor riesgo de detonaciones. La solución tecnológica propuesta reside en la mejora de la calidad de la chatarra previa a la carga de las cestas. El impacto general sobre los sistemas asociados a la situación actual es el aumento general de la eficiencia de captación del sistema secundario.

La captura del contaminante en la fuente de generación supone mantener confinado el horno, evitando la mezcla de humos con aire atmosférico y minimizando el requerimiento de aspiración. La consecuencia redundará tanto en una disminución significativa de la emisión atmosférica de gases como en una disminución del uso de energía, tanto porque el calor generado en las reacciones de gasificación y oxidación reducirán la cantidad de calor que deberá transferirse a la carga para realizar la fundición (ahorro en el sistema de electrodos), como porque el sistema de aspiración consumirá menos energía al movilizar menos caudal (menor dilución). La solución propuesta fue el desarrollo de una solución tecnológica en un proceso de carga por lotes de chatarra al horno a partir de una cesta de carga asociada al sistema primario de extracción de humos, que permite la extracción confinada de los humos y material particulado. En la Figura 3-derecha se muestra un esquema de la solución propuesta.

El sistema de captura remota del contaminante puede mejorar su eficacia y eficiencia en la captación de humos reduciendo la emisión a la atmósfera de contaminantes por medio de la combinación de una serie de actuaciones en el sistema de extracción secundario. Las intervenciones propuestas incluyen modificaciones en la campana, modificaciones en el sistema de aspiración, modificación en el desarrollo de la pluma. Las intervenciones asociadas a las campanas tienen como objetivo mejorar su capacidad de retención de humos flotantes, reduciendo las corrientes descendentes perimetrales, incluyendo:

- la modificación de la ubicación de las campanas, ubicando el centro de estas con el eje de la pluma,
- el desmontaje de obstrucciones en el interior de las campanas, que introduzcan perturbaciones a los flujos ascendentes,
- el sellado de la cubierta del techo de la campana, de manera que evite completamente la fuga de humos,
- la colocación de baffles, que limiten la formación de patrones de recirculación perimetral los cuales inducen corrientes descendentes, como propone Bender [4], como esquemáticamente se muestra en la Figura 3-izquierda.

Las intervenciones asociadas al sistema de extracción tienen como objetivo aumentar el caudal extraído en las campanas, e incluyen:

- la modificación de las acometidas de los conductos de aspiración a las campanas, para disminuir la pérdida de carga generada por en ellas,
- el sellado de pérdidas distribuidas en los conductos, de manera de que no penalicen el caudal extraído en las campana,
- Reubicación del conducto del sistema del horno 4 para que no atraviese la torre de enfriamiento, disminuyendo la pérdida de carga asociada.

Las intervenciones asociadas al desarrollo de la pluma implican el desmontaje de obstrucciones en el puente grúa, que difunden los humos que se desarrollan a partir de impactar en él.

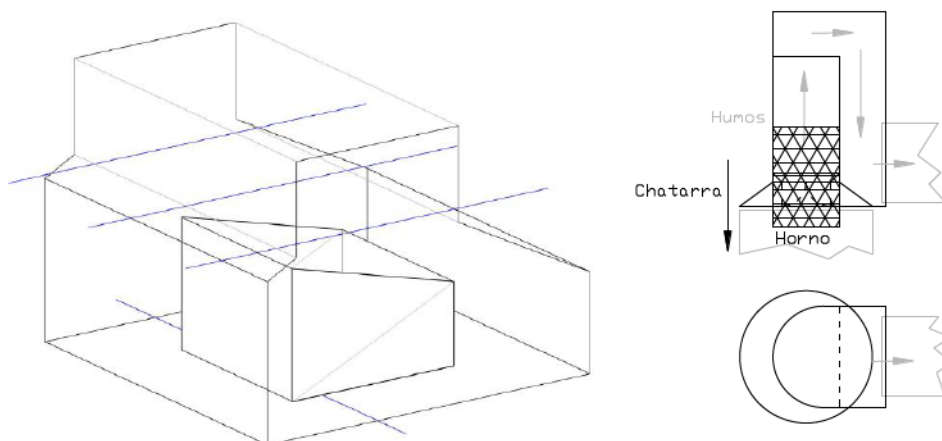


Figura 4 – Desarrollo de intervenciones desarrolladas. A la izquierda se muestra un esquema de ubicación de los baffles propuestos para la campana. A la derecha se muestra un esquema del funcionamiento de cesta propuesta.

Conclusiones

Como resultado del estudio se desarrolló un modelo de ingeniería del proceso que permitió identificar su estado de situación y analizar qué fenómenos se encuentran asociados en la generación de humos. La caracterización completa del sistema de aspiración incluyó integrar modelos complementarios: termodinámicos, fluidodinámicos, de emisión de gases, de plumas flotantes, del procesos de fundición, entre otros. Los modelos, analíticos y numéricos, fueron contrastados mediante mediciones experimentales en campo, de manera de validar con experiencias de campo. Este análisis permitió diagnosticar las principales debilidades del sistema por los cuales el humo en el proceso de carga no es captado en su totalidad por el sistema secundario, y descartar otras.

Las propuestas tendientes a solucionar la problemática tuvieron como objeto abordarla desde distintas ópticas, con distinta magnitud de intervención y distintas consecuencias en el proceso, generando un conjunto de intervenciones que atacan el problema integralmente.

Se desarrollaron soluciones innovadoras que pueden ser extendidas a otros casos sin modificar el proceso de carga por lotes.

Bibliografía

- [1] Campolo, M., L. Scarbolo, and A. Soldati. "Smoke collection efficiency of canopy hoods during charging transient in Electric Arc Furnace: benchmark evaluation of different design alternatives." Technical report CIFI, 2005.
- [2] American Conference of Governmental Industrial Hygienists, "Industrial Ventilation - A Manual of Recommended Practice", 23rd Edition, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc, 1998.
- [3] McKernan, J. L., et al. "Evaluation of a proposed velocity equation for improved exothermic process control. Annals of occupational hygiene, 2007.
- [4] Bender, M., "Fume hoods, open canopy type — their ability to capture pollutants in various environments", American Industrial Hygiene Association Journal, 40:2, 118-127. 1979.