

CONVERSIÓN A UN SPRAY-COOLED™ EAF EN **SDI COLUMBIA CITY** RENDIMIENTO OPERATIVO Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Clay Gross, Kyle Tew, Stephan Ferenczy; Scott Ferguson, & Patrick Hansert



SYSTEMS
SPRAY-COOLED

Rendimiento Operativo y Perspectivas Futuras de la Conversión a un Spray-Cooled EAF en SDI Columbia City

Resumen

En 2016, la División de Perfiles Estructurales y Rieles (Structural and Rail Division, SRD) de SDI en Columbia City, Indiana, inició una mejora estratégica en su operación de hornos de arco eléctrico (EAF). La instalación pasó de utilizar paneles tubulares presurizados refrigerados por agua a un moderno sistema de refrigeración por pulverización en el sistema de carcasa superior. Esta mejora tenía como objetivo abordar las preocupaciones de seguridad, mejorar el rendimiento térmico y reducir las necesidades de mantenimiento. Con el tiempo, también se introdujeron tecnologías complementarias, como un techo refrigerado por pulverización, un codo, una caja de quemador de cobre y el sensor de humedad SYSTEMS Spray Safe. En este documento se detallan los beneficios técnicos, económicos y operativos derivados de estas innovaciones.

Palabras clave: Horno de arco eléctrico; Carcasa refrigerada por pulverización; Optimización del mantenimiento; Eficiencia energética; Detección de fugas.

Figura 1



Descripción general de la planta de SDI

Introducción

La planta siderúrgica SDI en Columbia City, que forma parte de la División de Perfiles Estructurales y Rieles, entró en funcionamiento en 2002. Diseñada originalmente con paneles de refrigeración tubulares tradicionales, la planta operaba dos hornos de arco eléctrico de corriente alterna de 120 toneladas que producían una amplia gama de productos estructurales, rieles y palanquillas. Ante el aumento de los costos de mantenimiento y el riesgo de fugas, el equipo evaluó nuevas tecnologías para la refrigeración de los hornos, lo que llevó a la adopción de sistemas de refrigeración por pulverización a partir de 2016.

- Descripción general de este sitio:
- Planta nueva (greenfield), mayo de 2001
 - Puesta en servicio en caliente, mayo de 2002
 - (2) hornos de corriente alterna (CA) de 120 toneladas
 - (2) máquinas de colada continua – 13 perfiles
 - Demag EBT
 - 120 MVA (funcionamiento al +20 %)
 - 45 min entre coladas (TTT)
 - 6.7 m (22 pies) de diámetro interior (DI) de la carcasa
 - Capacidad nominal de 2 Mt/año

Authors
Clay Gross
Gerente de la Planta de Fundición SDI - División de Perfiles Estructurales y Rieles
Columbia City, Indiana, EE. UU.

Kyle Tew
Supervisor de Mantenimiento SDI - División de Perfiles Estructurales y Rieles
Columbia City, Indiana, EE. UU.

Stephan Ferenczy
Director de Tecnología Steel Infinity LLC
Melbourne, Florida, EE. UU.

Scott Ferguson
Vicepresidente de Systems Spray Cooled Inc.
Smyrna, Tennessee, EE. UU.
Teléfono: 615-366-7772
Correo electrónico: sferguson@tsg.bz

Patrick Hansert
Cofundador de Steel Infinity LLC
Melbourne, Florida, EE. UU.

MAY 2026 | THE SYSTEMS GROUP | TSG.BZ

Technical Article

DESARROLLO

Fundamento Técnico para el Cambio

Los paneles tubulares convencionales planteaban problemas de seguridad y mantenimiento, como grandes volúmenes de fugas por ruptura y la necesidad de sustituir con frecuencia las mangueras. Los sistemas de refrigeración por pulverización ofrecían una alternativa más segura, con menor presión de agua, mejor rendimiento térmico y una instalación más sencilla. La matriz de evaluación favoreció claramente las paredes laterales refrigeradas por pulverización en cuanto a confiabilidad y seguridad a largo plazo.

Figura 2

	Tubular	Spray-Cooled
Volumen de fuga por ruptura	Alto	Bajo
Ingreso de aire	Alto	Bajo
Salientes para ladrillo/quemador	No	Sí
E-water requerida	Sí	No
Autodrenante	No	Sí
Reparaciones	Lado caliente	Lado frío
Mantenimiento	Muchas mangueras	Conexiones mínimas
Instalación	Múltiples piezas y compleja	Una sola pieza
Retorno de metal	Mayor riesgo	Menor riesgo
Filtro requerido	No	Sí

Matriz de evaluación del EAF

Proceso de Instalación

La carcasa con nuevo diseño, refrigerada por pulverización, se entregó completamente ensamblada en un remolque de plataforma plana y se descargó directamente mediante la grúa aérea. Se colocó inmediatamente sobre la carcasa inferior de repuesto y se preparó para su integración. La instalación, realizada durante una interrupción de mantenimiento programada de cuatro días, solo requirió la conexión final de las tuberías de drenaje y el cableado del proceso. Se incorporaron embudos de drenaje especiales para controlar la escorrentía de agua de la cara caliente y facilitar la monitorización de la temperatura en servicio. La carcasa presentaba mejoras de diseño, como salientes en la cubierta del quemador y capas adicionales de material refractario en el nivel inferior (bosh), y estaba lista para las primeras operaciones de coladas en mayo de 2017.

Diseño y Evaluación

La nueva estructura refrigerada por pulverización, elevada 18 pulgadas, se entregó preensamblada y se instaló durante una interrupción programada de cuatro días. No fue necesario realizar cambios significativos en el sistema de agua existente, lo que hizo que la transición fuera sencilla. Los operarios señalaron que esta era la parte más sencilla del proyecto de ampliación de las instalaciones.

Figura 3



Instalación de la carcasa

MAY 2026 | THE SYSTEMS GROUP | TSG.BZ

RESULTADOS Y RENDIMIENTO

Mantenimiento y Ahorro de Costos

El análisis comparativo entre 2014-2017 (tubular) y 2018 (refrigeración por pulverización) reveló una reducción del 45 % en los costos de los paneles y los contratistas. El retorno de la inversión se logró en menos de 1.5 años basándose únicamente en los ahorros de mantenimiento, sin incluir las ganancias adicionales derivadas del ahorro de energía y la productividad.

Resumen de ventajas y testimonios

- Mucho más limpio: mangueras y conexiones ubicadas en el interior
- Menos áreas donde puedan acumularse polvo, chatarra y escoria
- Menor tiempo de inactividad por cambio de mangueras y válvulas
- Construcción de una sola pieza que minimiza las emisiones de llamas y humos y mantiene más limpio el entorno de trabajo
- Sumidero EBT integral: sin humos ni calor entre la carcasa y el EBT
- El equipo contiene y retiene mejor la escoria, lo que permite mantener más energía dentro del horno
- El equipo mantiene una mayor estabilidad dimensional, con menores ciclos térmicos

Ahorro de Energía

Tras su puesta en marcha en 2017, el sistema de refrigeración por pulverización recién instalado demostró beneficios operativos inmediatos, entre ellos una mejor retención de escoria y reducción de las cargas excesivas. El consumo de energía disminuyó aproximadamente entre un 3 % y un 6 %, y el rendimiento de la carga con un solo balde mejoró en un 5 %.

Desde la instalación inicial en 2017, se han implementado modificaciones adicionales, como agrandar la abertura del sumidero, agregar múltiples escotillas de acceso, sellar el puerto de la lanza y cambiar el proveedor de quemadores

y cajas. Los ajustes realizados para solucionar los puntos calientes térmicos alrededor de la puerta del sumidero y de la escoria también han contribuido a mejorar el rendimiento. Como resultado, la carcasa mejorada ha alcanzado una vida útil superior a 25.000 coladas antes de que sea necesario reemplazar la cara caliente.

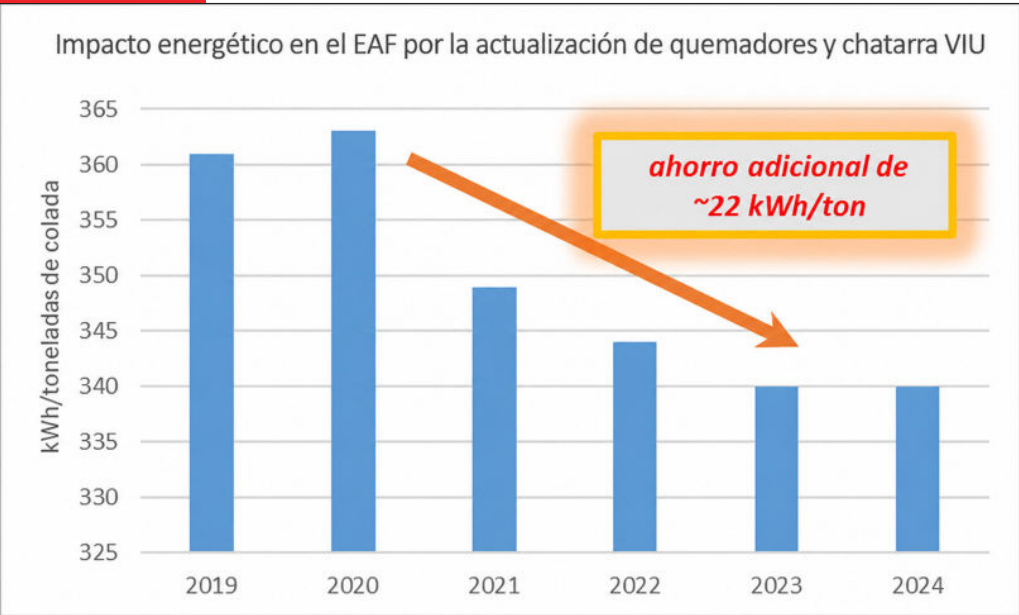
Estas modificaciones, junto con un diseño mejorado del quemador y una utilización más eficiente de la chatarra, han contribuido a un ahorro energético adicional de aproximadamente 22 kWh por tonelada.

Los comentarios de los operarios y del personal de mantenimiento validaron aún más las mejoras: el sistema creó un entorno de trabajo significativamente más limpio, con menos zonas de acumulación de polvo y escoria, minimizó el tiempo de inactividad debido a la menor cantidad de fallas en mangueras y válvulas, y redujo la entrada de aire. La construcción de una sola pieza y el diseño integral del sumidero EBT mejoraron el sellado y la estabilidad dimensional, al tiempo que permitieron retener el calor y la escoria de manera más eficaz dentro del horno.

Partiendo de un ahorro energético de 20 kWh por tonelada, un volumen de producción de 2 millones de toneladas al año y un costo promedio de la electricidad de \$0.06 por kWh, el ahorro anual resultante en costos de energía asciende a aproximadamente \$2.4 millones.

- Mejor retención de escoria y reducción de las cargas excesivas.
- Mayor confiabilidad y seguridad operativa.
- Reducción del consumo energético entre un 3 % y un 6 %.
- Incremento del 5 % en el porcentaje de carga con un solo balde.

Figura 4



Ahorro de energía

INSTALACIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

Techo Refrigerado por Pulverización con Drenaje por Gravedad

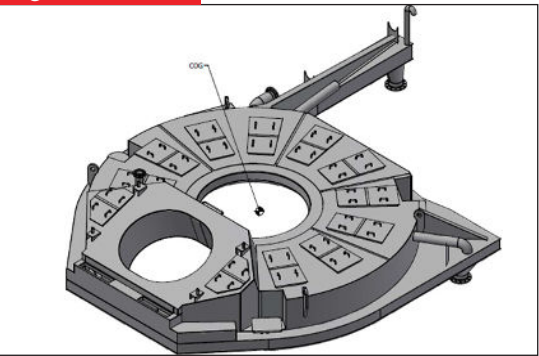
El éxito de la modificación de la pared lateral ha llevado a SDI a ampliar la refrigeración por pulverización al techo, el codo y la caja del quemador del EAF.

La transición del techo no formaba parte del proyecto original de mejora del sistema de refrigeración por pulverización. Sin embargo, la experiencia operativa con el techo tubular existente reveló varias zonas de acumulación de escoria que han motivado una evaluación más exhaustiva. El techo de refrigeración por pulverización de nuevo diseño resuelve estos problemas mediante la integración de cajas de drenaje de escoria y de colada diseñadas para drenaje por gravedad, eliminando la necesidad de bombas Venturi y reduciendo el riesgo de inundación en el área de fundición.

Un componente fundamental del nuevo diseño del techo es el codo refrigerado por pulverización, cuyo suministro y drenaje se realizan a través del propio techo, por lo que no requiere mangueras adicionales. Se fija mecánicamente al techo mediante un sistema de anclaje de cuatro puntos, lo que garantiza la estabilidad y facilita el mantenimiento. Este avanzado sistema de techo se instaló por primera vez en Optimus Steel hace tres años, donde ha demostrado un rendimiento confiable y constante en condiciones de producción. Está previsto que se incluya en la próxima fase de gastos de capital de SDI.

Estas innovaciones están diseñadas con drenajes por gravedad y menos mangueras, lo que simplifica aún más el mantenimiento y reduce el consumo de agua.

Figura 5



Diseño de techo con drenaje por gravedad

Sensor de Humedad

Este sistema permite medir la humedad, la humedad relativa, en el canal situado entre la carcasa superior, la cara caliente y el ladrillo refractario. Se instala en un lugar donde se prevé que haya alguna fuga o desgaste por altas temperaturas, y permite la detección rápida de humedad para evitar, por supuesto, la hidratación del ladrillo refractario de la capa inferior.

Se trata de una de las últimas novedades destinadas a aclarar todas las dudas pendientes.

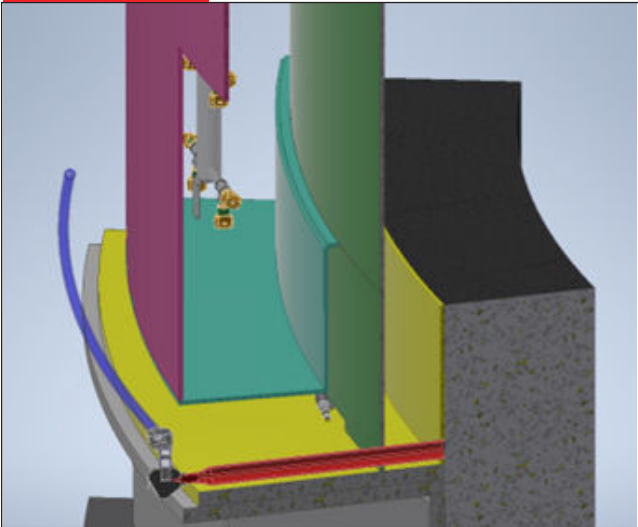
Caja del Quemador Refrigerada por Pulverización

La caja de cobre refrigerada por pulverización representa una solución ideal para las zonas de inyección del quemador. Al eliminar el uso de circuitos de agua presurizada, se reduce significativamente el riesgo de fugas catastróficas que suelen estar asociadas a los bloques de quemadores de cobre fundido. Su construcción forjada permite reducir el consumo de agua de refrigeración en aproximadamente un 50 %, a la vez que hace que la unidad sea más ligera, más manejable y más fácil de instalar y mantener.

Diseñada con la tecnología modular de “ruptura” de Systems, la caja retiene más escoria, reduciendo así la extracción de calor y mejorando la eficiencia térmica. El sistema simplificado de suministro y drenaje por gravedad reduce la cantidad de mangueras y conexiones de tuberías necesarias, lo que facilita la integración con la infraestructura existente.

El mantenimiento y la reparación se simplifican aún más, ya que el cobre forjado es más fácil de soldar que el cobre fundido. Además, se puede acceder a la caja tanto desde la cara caliente como desde la fría mediante una placa de respaldo extraíble, lo que facilita la inspección y el mantenimiento. Su diseño modular y reconstruible contribuye a una mayor vida útil y a una mayor eficiencia en los costos generales.

Figura 6



Sensor de humedad

La instalación inicial tuvo lugar en Nucor Hickman en junio de 2023, donde la unidad completó con éxito más de 10,000 coladas. Está prevista una prueba completa del horno para finales de 2025. La instalación en Columbia City, que ya se ha entregado en las instalaciones, utilizará las mismas configuraciones de quemador e inyector de carbono que las que actualmente funcionan con bloques de cobre fundido. El sistema se conecta a la línea de suministro de alta presión existente, con un flujo de retorno por gravedad hacia las cajas de drenaje de la pared lateral, sin necesidad de realizar modificaciones en la propia pared lateral.

- Mucho más seguro: elimina el principal riesgo de falla, las fugas de agua presurizada
- Requiere menos agua de enfriamiento: aproximadamente un 50 % menos
- Más fácil de manipular: menor peso
- Requiere menos mangueras y tuberías: suministro y drenaje desde la pared lateral
- Más eficiente: menor extracción de calor
- Más fácil de reparar: el cobre forjado es más fácil de soldar que el cobre fundido y se puede acceder tanto desde la cara caliente como desde la cara fría
- Mayor vida útil: reconstruible y reutilizable

Figura 7



Caja de pulverización (vista frontal y posterior)

CONCLUSIÓN

La conversión a refrigeración por pulverización en SDI Columbia City representa un importante avance en la seguridad, la eficiencia y la confiabilidad del EAF. Las mejoras en curso siguen optimizando el impacto de la tecnología en los costos operativos, el consumo energético y la vida útil del horno. Estas experiencias constituyen un argumento convincente para que la industria adopte de forma más generalizada los sistemas de refrigeración por pulverización.

Aparte del factor determinante de la seguridad, el retorno total de la inversión (ROI) fue, al final, inferior a 6 meses.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los equipos de operaciones y mantenimiento de SDI Columbia City y a Systems Spray-Cooled su colaboración y apoyo técnico.

