

EL FUNDIDOR

Única revista de información especializada en el sector

Nº 142 | OCTUBRE 2026

Prevenir defectos y
mejorar la calidad
de las piezas

ANÁLISIS TÉRMICO EN LA FUNDICIÓN DE ALUMINIO

PÁG. 16

AURELIO "CACHO" MATURANA DE
TALLERES TANDIL Y FUNDALUM

Historia viva de la fundición

PÁG. 26

GRANALLADO DE PIEZAS
FUNDIDAS: MÁS QUE ESTÉTICA

La Industria

PÁG. 42

UN NUEVO MODELO
INDUSTRIAL ES POSIBLE

Economía



CIFRA
FUNDIDORES
ARGENTINA



MEDEMET[®]

IDEAS Y PROYECTOS GENUINOS

SIEMPRE UN A PROPUESTA MÁS



- **Administración y Ventas:**

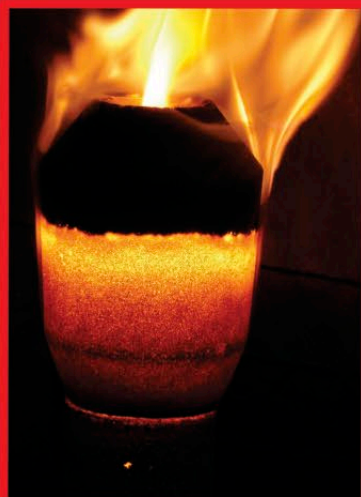
Lamadrid 1246 (1653)
Villa Ballester, Argentina
Tel: 54 11 4849 - 0222
medemet@medemet.com.ar
www.medemet.com.ar

- **Plantas de Distribucion:**

Buenos Aires: Concejal Natalio Querido 1920
Florida Oeste

Córdoba: Bv. de los Irlandeses 6225
Barrio Los Boulevares - Ciudad de Córdoba

Santa Fe: Juan Domingo Perón 611
km 178 Ruta 178 - Las Parejas



El Fundidor - Edición N° 142

Propiedad de la Cámara de Industriales Fundidores de la República Argentina (CIFRA)
Alsina 1609 3er. Piso - (1088) Buenos Aires, Argentina

Teléfonos:

0810 345 9060 Int. 2152
+54 11 4966 9868
+54 11 5219 4150

E-mail: fundidores@cifra.org.ar

Instagram: @cifrafundidores

Facebook: CIFRA - Cámara Industriales Fundidores de la República Argentina

LinkedIn: Cámara Industriales Fundidores de la República Argentina

CETEF:

Romero, Alberto Daniel (Presidente)
Di Stanislao, Domingo (Vicepresidente)

Comisión Directiva:

Presidente

Gaspari, Pablo

Vicepresidente 1°

Sforzini, Enzo

Vicepresidente 2°

Manavella, Hugo Pedro Miguel

Secretario General

Capisano, Carlos Eugenio

Pro-Secretario

Cresta, Santiago

Tesorero

Bendersky, Alejo

Pro-Tesorero

Meneghetti, Marcos

Secretaria de Actas

Manavella, Analía

Sec. de Relac. Gremiales

Aragón, Fernando

Sec. de Relac. Institucionales

Rivero, Norberto Isidro A.

Gerente

Bernocco, Martín

Órgano de fiscalización

Paolini, Walter

Onaha, Alberto

Consejeros Titulares

Carneiro, Miguel Ángel

Conesa, Marcelo José

Di Stanislao, Domingo

Morchio, Carlos Alberto

Piccioni, Nicolás

Porreca, Marcelo Javier

Rizzotto, Mauricio Javier

Consejeros Suplentes

Chinellato, Luciano Roque

Dominguez, Ignacio Oscar

Ottone, Pablo Jorge

Romero, Alberto Daniel

Souto, Daniel

Producción editorial:

Antena Estudio

Coordinación general:

Lic. Natalia Mac Mahon

Dirección editorial:

Lic. Candelaria Pernas Rusconi

Diseño y diagramación:

Dg. Pablo Cairo

Espacios publicitarios:

Para la publicación de publicidades en la revista ponerse en contacto a través del e-mail o teléfonos de CIFRA

Propiedad intelectual y agradecimientos:

Las notas de autores nacionales son colaboraciones voluntarias y pueden ser reproducidas mencionando la fuente de origen. Agradecemos a los columnistas, funcionarios, profesores y fundidores que participaron en este número, aportando su experiencia, conocimiento y valiosa mirada sobre la Industria.

Los artículos, columnas, anuncios publicitarios, espacios de divulgación pagos y gratuitos, gacetillas de novedades, productos, servicios y empresas, publicados en la revista *El Fundidor*, no reflejan necesariamente la opinión de CIFRA y son responsabilidad exclusiva de sus autores y anunciantes, deslindeando a la institución y a la revista de toda responsabilidad al respecto de sus repercusiones. Los textos e imágenes de novedades y notas de divulgación de técnicas, productos y servicios son propiedad de la revista, por lo que debe citarse la fuente al reproducirlos.

REVISTA N°142 / OCTUBRE 2026

SUMARIO

06 Editorial

Entre el conocimiento y la industria

08 Nota de tapa

Prevención de defectos: análisis térmico en piezas fundidas de aluminio

Por los Ings. François Audet y Julieta Brignone, Brignone & Asociados

16 Historia viva de la fundición

Aurelio Maturana: "La fundición es la sinfonía del metal"

20 Los metales y sus técnicas

Análisis térmico en fundición de hierro: aplicaciones para el control del proceso (parte 2), AZTERLAN

26 La Industria

Granallado de piezas fundidas: más que estética, CYM Materiales

32 Los metales y sus técnicas

Aluminio: explosiones por polvo metálico durante el granallado de piezas

Por el Ing. Alberto Forcato

38 La Industria

CALDE GUARD: una nueva solución refractaria para hornos de inducción sin núcleo, METALPROD

42 Economía

Un nuevo modelo industrial es posible

Por Juan C. Vacarezza, Fundación Buenos Aires XXI

46 Novedades LEMIT

Acero Hadfield nitrogenado para la industria minera

Por los Ings. Jorge E. Grau, Ricardo W. Gregorutti y Mauro D. Rossi

50 En todo lo que ves hay fundición

El radiador: más de un siglo de calor fundido

52 Novedades ADIMRA

Comisión de Energía: oportunidades para la industria metalúrgica

56 Novedades INTEMA

Hierro con grafito: la inoculación y el grano austenítico primario

Por los Ings. Marcos G. López, Juan Miguel Massone, Diego Omar Fernandino y Luca Ciliselli

60 Informe anual

La industria en números

63 CIFRA en los medios argentinos

La fundición en la agenda pública



**AL SERVICIO
DE LA INDUSTRIA**



METALPROD

CONSOLIDANDO CALIDAD Y SERVICIO

🔥 **ASESORAMIENTO TÉCNICO GRATUITO**

🔥 **BRINDAMOS UN SERVICIO DE EXCELENCIA
Y CALIDAD CERTIFICADA**

🔥 **ATENCIÓN DIRECTA A TODO EL PAÍS**

🔥 **ENTREGA INMEDIATA**

PRODUCTOS DE LA MAS ALTA CALIDAD



🔥 **RESINAS Y AGLUTINANTES**



🔥 **NODULIZANTES**



🔥 **INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**



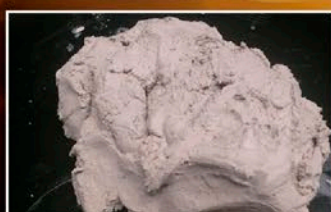
🔥 **FERROALEACIONES**



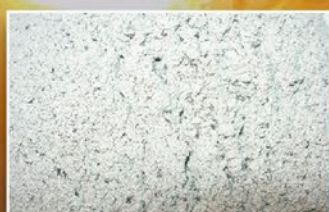
🔥 **INOCULANTES**



🔥 **FUNDENTES**



🔥 **PINTURAS**



🔥 **REFRACTARIOS**

📍 **Castañón 3549/51/53 - C.A.B.A**

☎ **Tel: 4919-8888/1871 - 4918-4806**

🌐 **www.metalprod.com.ar**



REPRESENTANDO LAS MEJORES MARCAS

calderys
REFRACTORY SOLUTIONS

GLOBE
METALES

QUIMASUR

ENTRE EL CONOCIMIENTO Y LA INDUSTRIA



Pablo Gaspari

Presidente de CIFRA, socio gerente de Megafund S.A.

Cuando nos planteamos el desafío de reeditar *El Fundidor*, tuvimos claro que queríamos recuperar y sostener su propósito original: que la revista fuera mucho más que un medio comercial, que fuera un espacio de difusión de la ciencia, la tecnología y el conocimiento aplicado a la fundición, y que ese conocimiento pudiera estar al alcance de todos los fundidores, especialmente de aquellos que, por su escala, muchas veces tienen más dificultades para acceder a estas herramientas.

La edición 142 mantiene ese espíritu. En sus páginas encontrarán contenidos que recorren algunos de los temas que hoy atraviesan a nuestra industria: análisis térmico aplicado al aluminio y al hierro; calidad y productividad en los procesos de granallado; nuevos conceptos en materiales refractarios para hornos *coreless*; la prevención de explosiones en el manejo del aluminio; y, una vez más, la valiosa participación de nuestros amigos y colaboradores del INTEMA y el LEMIT, que nos acercan sus investigaciones y conocimientos.

Pero una revista de la industria no puede estar ajena a la realidad que atraviesa al sector. Y hoy, uno de los temas que más nos preocupa es la falta de trabajo. Por eso, junto con la Comisión de Energía de ADIMRA, articulamos distintas actividades y encuentros con los principales actores de Vaca Muerta, con el objetivo de acercarnos a uno de los lugares donde hoy están sucediendo inversiones y donde pueden abrirse nuevas oportunidades para la industria nacional.

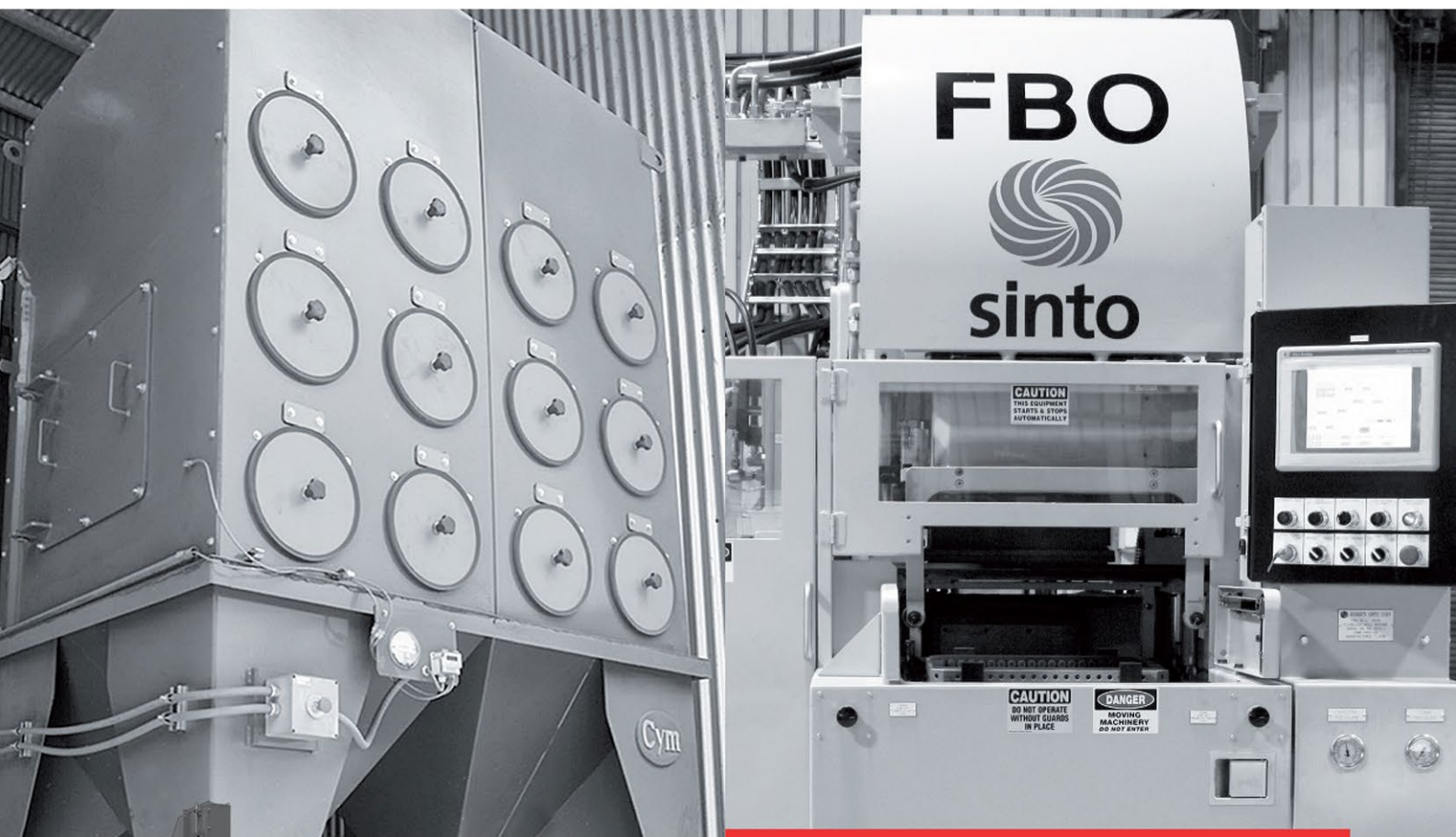
Al mismo tiempo, sabemos que pensar en el presente no alcanza. También necesitamos mantener la mirada puesta en el largo plazo, en el país que queremos construir y en el lugar que la industria puede ocupar en ese futuro. En esta edición, la Fundación Buenos Aires XXI nos propone reflexionar sobre industria, tecnología y la posibilidad de construir un modelo industrial propio y posible.

Y, como siempre, no queremos perder de vista el rol social que también tiene nuestra revista. En la sección "Historia viva de la fundición" nos encontramos con la historia de Cacho Maturana, un fundidor que ha dedicado buena parte de su vida a esta actividad y que, con su trayectoria y sus aportes, dejó una huella significativa en la industria. Una historia que también habla de trabajo, de vínculos, de aprendizaje y de una manera de entender el oficio que merece ser contada.

No queda más que agradecer a todos los que hicieron posible esta nueva edición de *El Fundidor*. A quienes escribieron, investigaron, aportaron información y conocimiento, y a todo el equipo que trabajó para que estas páginas vuelvan a encontrarse con nuestros lectores.

Esperamos que disfruten y, sobre todo, que esta edición vuelva a cumplir el propósito que nos planteamos desde el comienzo: acercar conocimiento, generar intercambio y contribuir, desde nuestro lugar, al crecimiento de la industria de la fundición.

CYM MATERIALES S.A.



SOLUCIONES INNOVADORAS

En **CYM MATERIALES**, proveemos equipos y recursos que se ajustan a las necesidades específicas de cada cliente, garantizando calidad, eficiencia y compromiso:

- Moldeadoras automáticas.
- Equipos de granallado de cinta, gancho, mesas o tambores rotativos.
- Sistemas de aspiración industrial.

Ofreciendo soluciones innovadoras, durante nuestros 60 años de experiencia.

WWW.CYM.COM.AR



Prevención de defectos

Conocer el comportamiento del metal durante la solidificación permite anticiparse a muchos de los problemas que afectan a las piezas fundidas. El análisis térmico avanzado ofrece información en pocos minutos sobre el refinamiento de grano, la modificación del eutéctico y otras variables del proceso, y permite integrar estos datos a la simulación para mejorar la calidad, reducir defectos y optimizar la producción

ANÁLISIS TÉRMICO EN PIEZAS FUNDIDAS DE ALUMINIO



Ing. François Audet

Ingeniero Metalúrgico y Gerente General en Solutions Fonderie y cofundador de Foundry Solutions Metallurgical Services Inc. Divulgador de soluciones de productividad y calidad



Ing. María Julieta Brignone

Ingeniera Química y Gerente de Tecnología en Brignone & Asociados, encargada de las áreas de simulación, espectrómetros, manufactura aditiva y nuevas tecnologías

En este breve artículo, presentamos el sistema de análisis térmico para fundiciones de aluminio SFTA. Comenzamos midiendo el refinamiento de grano, seguido de ejemplos de refinamientos buenos y pobres y niveles de modificación del eutéctico en A356. Estas mediciones ayudan a prevenir defectos en las piezas fundidas, como poros, filtraciones, contracción, propiedades mecánicas deficientes y ciclos de tratamiento térmico prolongados.

¿Qué es el análisis térmico?

Los sistemas tradicionales de análisis térmico para aleaciones de aluminio, que datan de los primeros años de este siglo, miden la temperatura en función del tiempo en una muestra tomada en un pequeño crisol equipado con una termocupla (ver

Figura 1). Por ejemplo, estos sistemas suelen evaluar el refinamiento del grano examinando la recalcencia del liquidus (ΔT) y el tiempo de recalcencia.

Gracias a los últimos avances en el procesamiento y el análisis de señales, aumentó la precisión y es posible extraer información adicional sobre la calidad metalúrgica de una muestra. El sistema de Análisis Térmico SFTA utiliza la curva de tasa de enfriamiento (primera derivada o dT/dt) y las derivadas superiores para identificar las fases que se forman durante la solidificación (ver Figura 2). Las adiciones de aleantes como TiBor, Estroncio y Magnesio, junto con las variaciones en la composición química en las refusiones versus los lingotes primarios, influyen en la transformación de fase durante la transición del líquido al sólido.

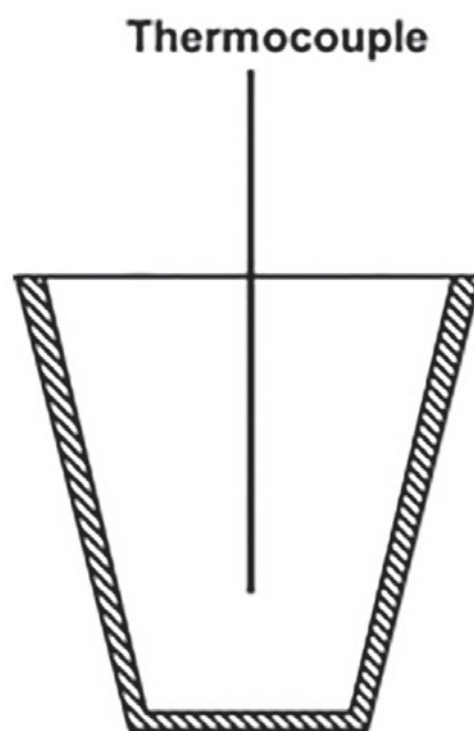


Figura 1. Termocupla

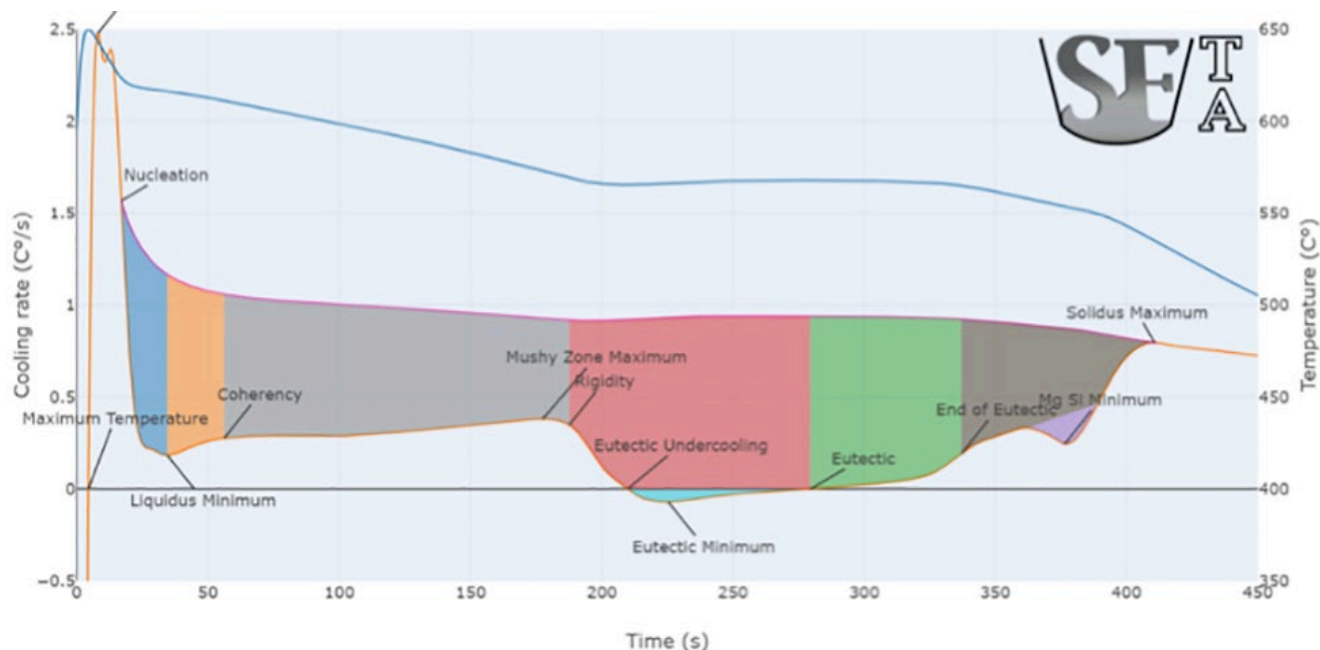


Figura 2. Curva completa de la solidificación de una muestra de A356 luego del desgaseo y adiciones de TiBor y estroncio. La curva azul es temperatura versus tiempo y la curva naranja es la tasa de enfriamiento o primera derivada dT/dt . Las derivadas superiores no se muestran aquí

¿Por qué tomar una muestra para análisis térmico?

El propósito principal del análisis térmico de una probeta es asegurar que el metal tenga las propiedades óptimas antes del colado, ayudando en la prevención de defectos. Este enfoque les da una guía basada en datos a los operadores del horno (ver Figuras 3 y 4).

Aunque las propiedades de la solidificación como la modificación del eutéctico y el refinamiento de grano pueden medirse mediante metalografía, ese proceso es más costoso y demanda más tiempo que el análisis térmico (ver Figuras 5, 6 y 7). El análisis térmico de la muestra entrega el refinamiento de grano en 2 minutos, el nivel de modificación en 3 minutos y la curva de enfriamiento completa en 6 minutos.

Las Figuras 3 y 4 muestran la interfaz simplificada que el operador del horno utiliza en la planta. La pantalla presenta un resultado “Pasa/No pasa”, basado en dos crite-

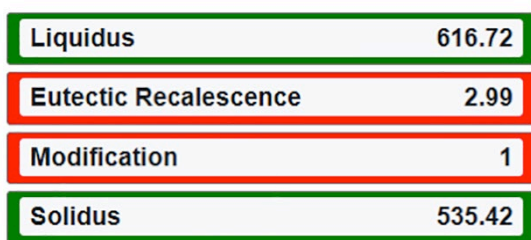


Figura 3. Interfaz del operador del horno antes del tratamiento del baño para aluminio A356 (Pasa-No Pasa)

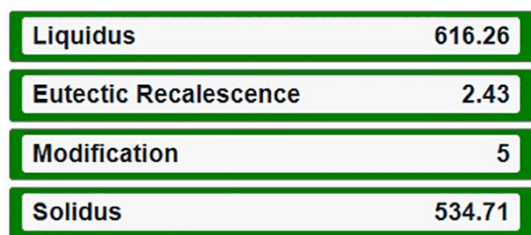
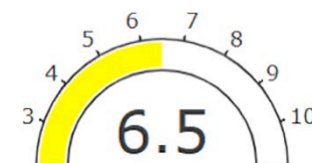


Figura 4. Interfaz del operador del horno luego del tratamiento para aluminio A356 (Pasa)

Grain Refinement



Grain Refinement

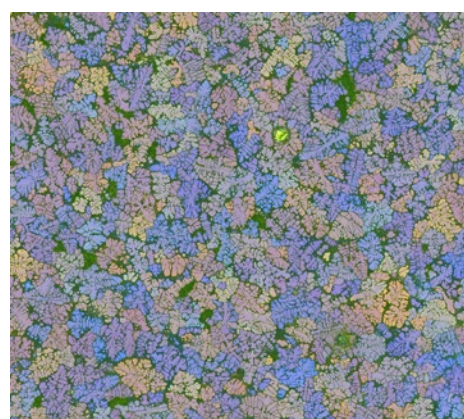
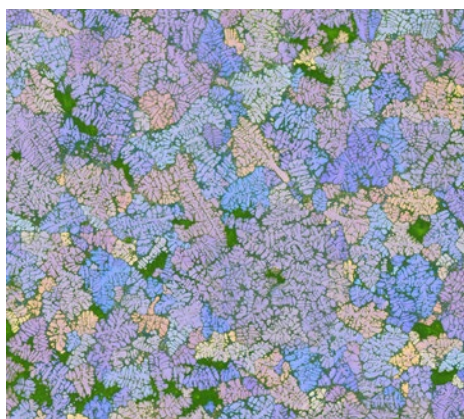


Figura 5. Metalografías del A356 antes (izq.: 141 granos/cm²) / (der.: 291 granos/cm²) del añadido de aleante TiBor para refinamiento de grano

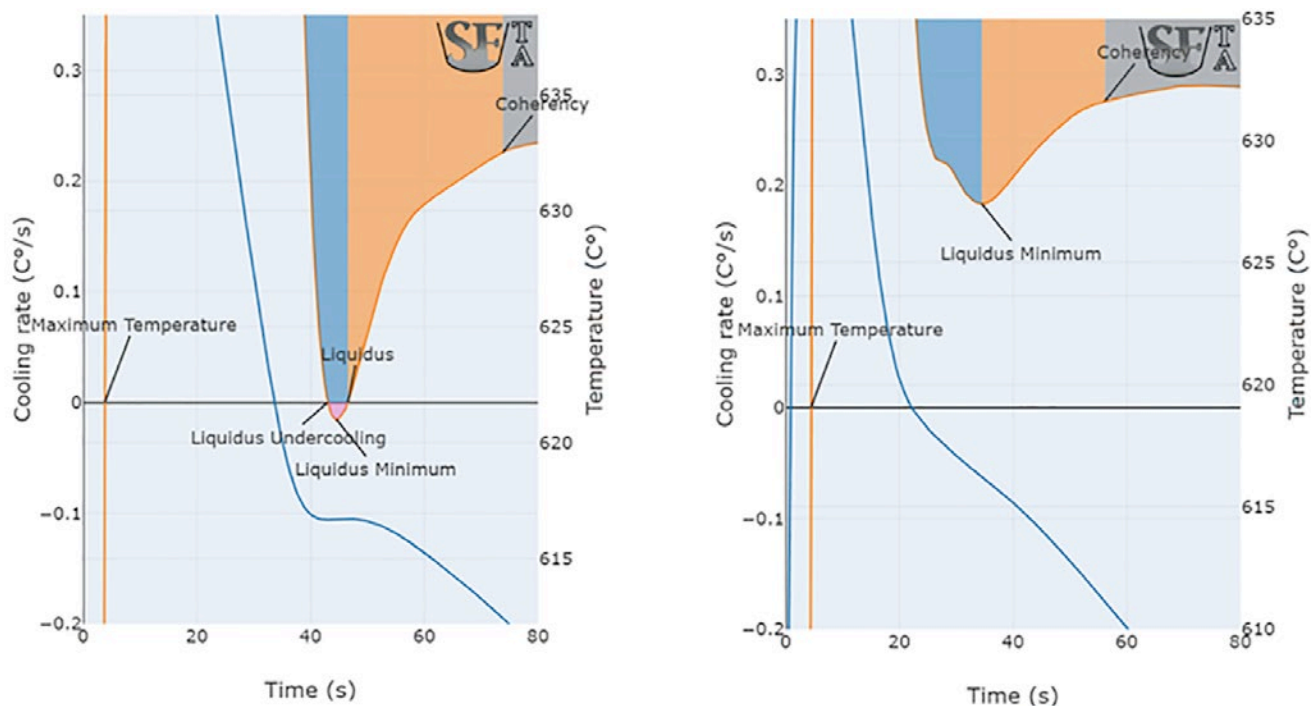


Figura 6. A356 análisis térmico de muestras antes y después del tratamiento para refinamiento de grano (ver figura 5)

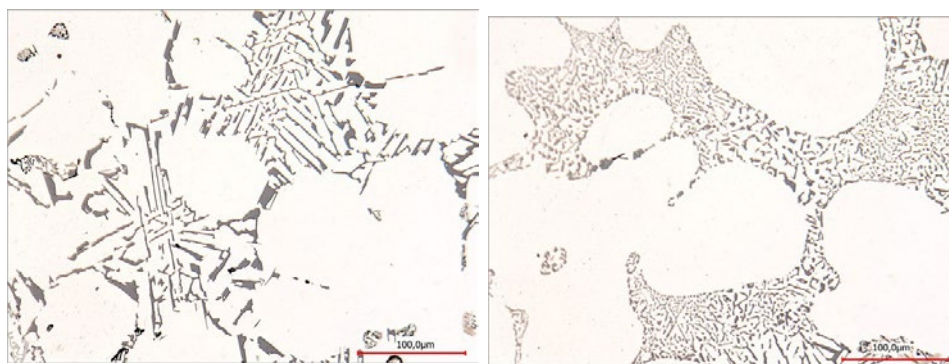


Figura 7. Metalografías del A356 antes (izq.) y después (der.) de la adición de estroncio para modificar el eutéctico

rios principales:

1. Refinamiento de grano:

Evaluado a partir del subenfriamiento primario (ΔT). Si ΔT está por debajo del límite establecido (Ej. $< 2.5^\circ\text{C}$), el refinamiento es aceptable.

2. Modificación del eutéctico:

Evaluado a partir de la depresión de la temperatura eutéctica (ΔT_E). Si la temperatura eutéctica se ha reducido lo suficiente (típicamente $> 5^\circ\text{C}$ por debajo de la aleación sin modificar), la modificación es efectiva.

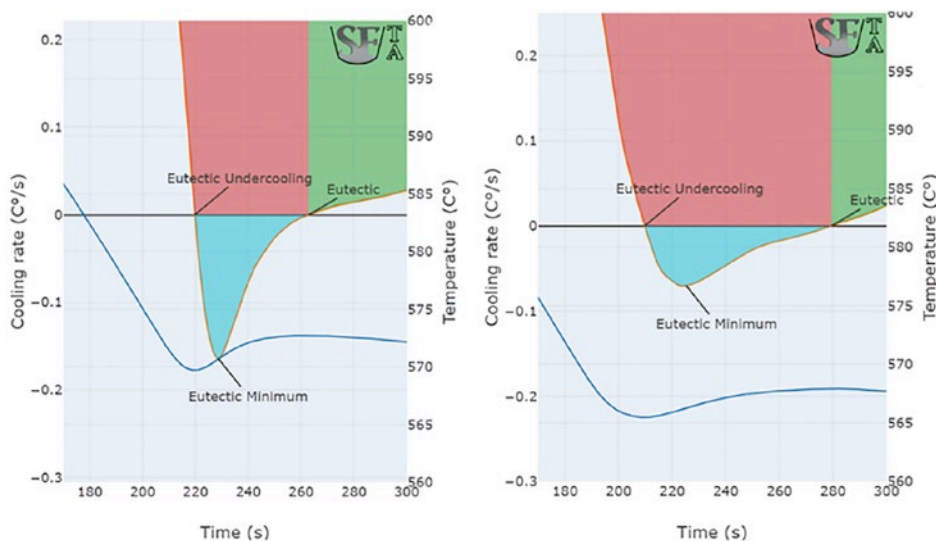


Figura 8. Análisis térmico del A356 antes (izq.) y después (der.) de la adición de estroncio para modificar el eutéctico (ver Figura 7)

El sistema combina ambos criterios en un único resultado: “Pasa” (verde), cuando ambos parámetros están dentro de los límites especificados, o “No pasa” (rojo), cuando alguno de ellos está fuera de tolerancia. Esto permite que el operador, sin necesidad de conocimientos metalúrgicos avanzados, sepa si el baño está listo para colar o si requiere ajustes adicionales.

En la Figura 6 se muestra el análisis térmico antes y después del refinamiento de

grano, pero el texto no dice qué valores de ΔT (subenfriamiento) se consideran “buenos” o “malos”.

El parámetro ΔT (subenfriamiento primario) se calcula como la diferencia entre la temperatura mínima alcanzada antes de la recalcificación y la temperatura máxima de recalcificación. En la práctica, los siguientes valores de referencia son útiles para la aleación A356:

$\approx \Delta T < 1.5^\circ\text{C}$: Refinamiento excelente. El tamaño de grano será fino y uniforme.

$\approx \Delta T$ entre 1.5 y 3.0°C : Refinamiento aceptable. Puede ser suficiente para la mayoría de las aplicaciones.

$\approx \Delta T > 3.0^\circ\text{C}$: Refinamiento deficiente. Se recomienda revisar la adición de refinador (TiBor), la temperatura de tratamiento o el tiempo de espera antes del colado.

Cabe destacar que estos valores son orientativos y pueden variar según la composición exacta de la aleación y el espesor de la pieza. Cada fundición debe establecer sus propios límites en función de su experiencia y requisitos de calidad.

Complementación con simulación

Al poder caracterizar perfectamente las curvas de solidificación, es posible exportar dichas curvas a los simuladores para trabajar con las aleaciones reales y poder predecir con precisión la evolución de la fracción sólida (si se poseen soluciones como ProCAST, QuikCAST, NovaCAST, etc., el usuario puede añadir estos valores para modelar con aleaciones personalizadas fácilmente).

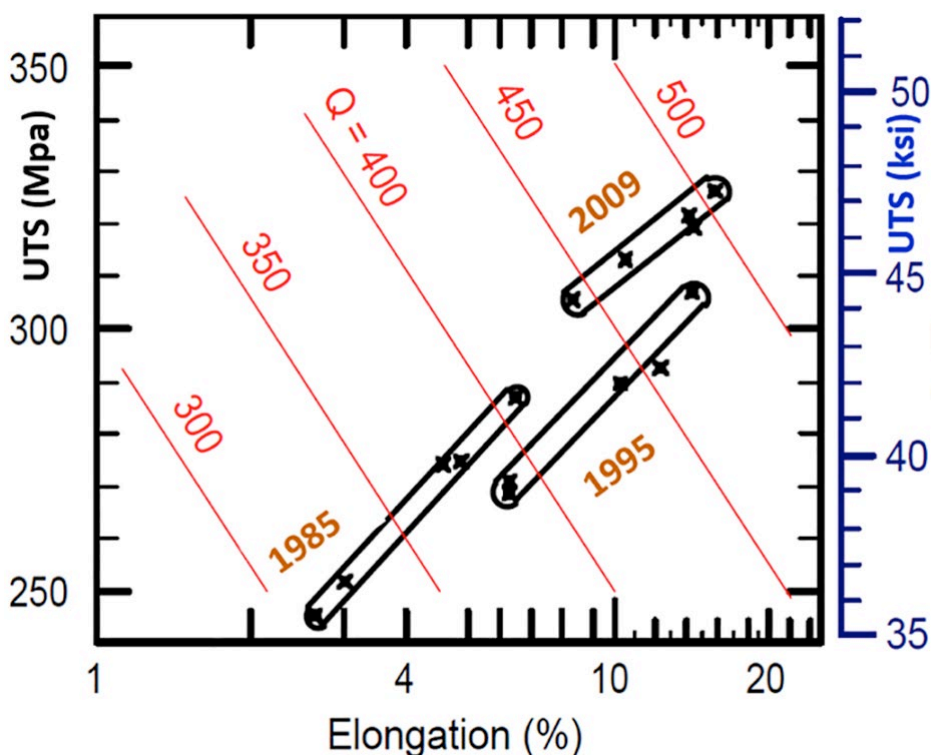


Figura 9. Gráfica del índice QI donde $QI(\text{MPa}) = UTS(\text{MPa}) + 150 \log(\%E)$

QI (MPa)	Avg	SD
Before	335	22
After	358	23
Adjusted	364	23



Figura 10. Evolución de los valores de QI antes y después de la incorporación al análisis térmico

Caso de estudio: Fonderie Rapide Belfortaine

Es una fundición francesa especializada en prototipos rápidos en aluminio para la industria automotriz y aeroespacial, y es capaces de generar un prototipo en aluminio en 10 días, incluso con paredes delgadas y geome-

trías complejas, gracias a que utilizan simulación, impresión 3D en arena y análisis térmico. Fonderie Rapide Belfortaine utiliza el índice QI para describir la relación entre las propiedades de resistencia a la tracción y de porcentaje de elongación. Propiedades que precisan que se encuentre la mejor relación de compromi-



SOLUCIONES INDUSTRIALES DE ALTA CALIDAD.

Con más de 75 años de experiencia, ofrecemos:

- Fundición de Aceros y Hierro Nodular y Gris: Procesos avanzados para piezas duraderas y resistentes.
- Línea de moldeo semiautomática o piezas unitarias de hasta 8 Toneladas.
- Análisis Químico y Metalográfico: Equipos de última generación para garantizar la calidad de cada lote.
- Mecanizado de Precisión: Tecnología CNC para acabados exactos y cumplimiento de tolerancias estrictas.
- Desarrollo de modelos.
- Laboratorio metalográfico.

¿Por qué elegirnos?

- Cumplimiento de plazos y especificaciones técnicas.
- Compromiso con la calidad, la innovación y el medio ambiente.
- Atención personalizada y soluciones a medida.

Contáctanos

- Teléfono: (+54) 911 4495 - 0683
- Email: consultas@megafund.com.ar
- Sitio web: www.megafund.com.ar
- Dirección: Ruta 40 km 65. General Las Heras. Buenos Aires. Argentina.





so entre ambas (ver Figura 9). El índice QI (*Quality Index*) es un parámetro ampliamente utilizado en la industria del aluminio para evaluar la calidad metalúrgica de una aleación. Combina dos propiedades mecánicas clave –resistencia a la tracción (UTS) y elongación (%E)– en un solo valor que refleja el equilibrio entre resistencia y ductilidad. La fórmula utilizada es la propuesta por Drouzy et al.: $QI(MPa) = UTS(MPa) + 150 \times \log(\%E)$. Un valor más alto de QI indica una mejor combinación de propiedades, lo que es crítico en aplicaciones estructurales para automoción y aeroespacial, donde se requiere alta resistencia sin sacrificar la capacidad de deformación antes de la fractura. El QI es sensible a:

- ≈ La calidad de la modificación del eutéctico (que mejora la elongación).
- ≈ El refinamiento de grano (que mejora la resistencia).
- ≈ La presencia de defectos

como porosidad o inclusiones (que reducen ambos parámetros).

Por esta razón, el seguimiento del QI es una excelente manera de monitorear la consistencia del proceso de fusión y colado.

Luego de incorporar el Análisis Térmico Avanzado, lograron mejorar sus valores (ver Figura 10). Según Jean Sebastian Boheme, Jefe de Fundición de FRB: “FRB necesitaba elevar sus estándares de calidad, especialmente en el sector aeroespacial, y mantener un nivel de calidad consistente. La calidad general era buena, pero ciertas variaciones en las propiedades mecánicas se convirtieron en problemas críticos para determinadas piezas. Tras revisar minuciosamente todo el proceso de producción, las únicas variaciones detectadas estaban relacionadas con la preparación del baño, concretamente, los procesos de modificación y refinado. Implementar

el Análisis Térmico Avanzado nos permitió controlar estos dos puntos aguas arriba en la producción, aumentando nuestro estándar de calidad y manteniéndolo. SFTA se convirtió en una herramienta de producción plena, y ahora, no se libera una fusión sin su validación de SFTA.”

En conclusión

Con el Análisis Térmico avanzado se logra:

- ≈ Controlar la calidad del metal líquido antes de colar.
- ≈ Monitorear los niveles de modificación del eutéctico.
- ≈ Registrar la efectividad del refinamiento de grano.
- ≈ Medir las fases intermetálicas (por ej. Mg_2Si , Al_2Cu).
- ≈ Lograr una solidificación más consistente.
- ≈ Mejorar la precisión de las simulaciones al caracterizar cada aleación.
- ≈ Optimizar la práctica de fusión, ajustando la cantidad de refinadores de grano y modificadores.



Brignone & Asociados

EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL

www.BrignoneAsociados.com



Tecnología Lost Foam (espuma perdida)



Impresión 3D en arena, PMMA y otros



Software de simulación de fundición

STOKER CONCAST (P) LTD.

MANUFACTURERS OF : HORIZONTAL AND VERTICAL CONTINUOUS CASTING
MACHINES FOR COPPER & COPPER BASED ALLOYS
AN ISO 9001-2000 CERTIFIED COMPANY

Equipos de colada continua (no ferrosos)



Mezclado - Moldeo - Volteo - Soplado



**World Equipment
& Machine Sales Co.**

Equipos usados garantizados



www.vsmartindia.com

Análisis térmico avanzado



Hornos y calentadores por inducción



ANALYTICAL INSTRUMENTS GROUP

Espectrómetros
y difracción rayos X



WEIJING

Cuñas, martillos hidráulicos
y desbarbado

+54 911 6184-8799

info@brignoneasociados.com



@BrignoneAsoc



brignoneasociados

SERVICIO DE **MARKETING Y COMUNICACIÓN** PARA EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL

¿Qué ofrecemos
desde **CIFRA**?:

- ✓ Diagnóstico
- ✓ Estrategia
- ✓ Contenidos
- ✓ Posicionamiento

Resultados:

- ✓ Más visibilidad
- ✓ Mejor posicionamiento
- ✓ Más oportunidades

Lo que NO se comunica NO SE VE.

Te contamos cómo mejorar el marketing y la comunicación de tu empresa.

Solicita una reunión



**CIFRA
FUNDIDORES
ARGENTINA**

**Tres amigos, una
empresa y una vida
dedicada a la fundición**

“LA FUNDICIÓN ES LA SINFONÍA DEL METAL”



Tres amigos, una vocación y una idea que empezó a tomar forma en los talleres de Metalúrgica Tandil. Aurelio “Cacho” Maturana recuerda una vida dedicada a aprender, viajar, desarrollar y volver a empezar cuando los recursos no alcanzaban. Una historia de amistad y trabajo que terminó convirtiéndose en una empresa, atravesó cincuenta años y dejó en las nuevas generaciones mucho más que una industria: una manera de hacer

A los 13 años, Aurelio “Cacho” Maturana trabajaba barriendo en un pequeño taller, frente a la legendaria Metalúrgica Tandil, lugar donde años más tarde comenzaría su historia con la fundición. Luego de pasar por la escuela técnica, comenzó a trabajar allí, en modelos y matricería, en una época en la que la empresa reunía especialistas y conocimientos que serían fundamentales para su desarrollo profesional: “Metalúrgica Tandil me dio los principios, me dio el trabajo y me dio muchas cosas que después me sirvieron para poder hacer lo que hicimos”, recuerda Cacho.

También le dio a sus grandes compañeros de vida: Alberto “Coco” Porreca y Omar Farrah. Eran tres amigos que compartían el deseo de tener su propia empresa, y lo lograron. En 1963 fundaron Talleres Tandil y, durante años, trabajaron durante el día en la metalúrgica y por la noche en su propio taller. El trabajo y la amistad lo eran todo. Muchas cosas fueron cambiando con los años, pero esto perduró. Siempre complementaron sus especialidades y supieron construir una sociedad basada en la confianza, la honestidad y una amistad que terminó atravesando generaciones. Cuando necesitaban apren-



Los tres socios,
Aurelio "Cacho"
Maturana,
Alberto "Coco"
Porreca y Omar
Farah, durante
la fundición de
radiadores en 1958

der, viajaban: Alemania, Francia, Italia, Estados Unidos. No iban solamente a conocer nuevas máquinas: iban a buscar conocimiento. Una visita a la GIFA, en Düsseldorf, despertó en ellos el interés por la microfusión y abrió el camino hacia Fundalum, la empresa de fundición de precisión que abrirían años más tarde. Tiempo después, en Estados Unidos, se encontraron frente a un desafío que resume buena parte de aquella filosofía. La tecnología que querían incorporar tenía un costo que no podían afrontar, una licencia que no podían pagar. Volvieron a Tandil con todo lo que habían aprendido y decidieron desarrollar-

la por su cuenta. Les llevó más tiempo, hubo pruebas, errores y muchas horas de trabajo, pero finalmente lo lograron.

No había grandes recursos ni demasiadas certezas: había que hacer, probar y aprender de los resultados. Y siempre seguir hacia adelante. Resiliencia y familia, dos características de pura cepa industrial argentina.

Esa manera de avanzar –hacer con lo que se tiene, aprender lo que falta, insistir y no poner excusas– acompañó a los tres amigos durante toda su vida profesional.

Firmaron un contrato societario que los unía por 50 años, y lo cumplieron. Cuando ese período termi-

“

No hay que esperar a tener todo para empezar.

Hay que hacer con lo que uno tiene y seguir aprendiendo

”

nó, los tres se jubilaron. Pero la historia no terminó con ellos: sus hijos continuaron al frente de la empresa y los hijos de Porreca y Maturana siguieron trabajando juntos. Desde aquel primer cubilote construido con un tanque de 200 litros hasta Fundalum, cambiaron las máquinas, los procesos y las generaciones. Lo que permaneció fue aquello que estaba en el origen: la curiosidad por aprender, el coraje para intentar, la confianza entre socios y amigos y la voluntad de dejar un camino abierto para los que vienen.

Los tres amigos dedicaron tiempo, trabajo y mucho compromiso a impulsar el crecimiento de la fundición.



El equipo de Fundalum frente a las instalaciones de la empresa en 2022.

Cacho siempre mantuvo un vínculo profundo y desinteresado con la industria, que trascendió su propia empresa. Fueron muchos los años de servicio en CIFRA, y a él le debemos gran parte del logro de nuestra primera exposición y congreso de fundición de la Argentina, realizado en Tandil. Fue tanta su dedicación que la Cámara dejó su sello en su ciudad. Sobre esa historia de amistad, trabajo y aprendizaje habla Aurelio “Cacho” Maturana.

“

Nos conocíamos mucho, confiábamos y cada uno sabía lo que hacía el otro. Estuvimos juntos cincuenta años como socios y amigos

”



—¿Qué significó para usted pasar por Metalúrgica Tandil?

—Fue una escuela. Ahí conocí a los técnicos italianos que habían venido a trabajar y pude aprender muchísimo, eran gente muy capacitada. También conocí a personas que fueron muy importantes en mi formación, como don Santiago Selveti. Uno se daba cuenta de que siempre había algo nuevo para aprender.

—¿Cómo nació la sociedad con Coco Porreca y Omar Farah?

—Ya nos conocíamos de chicos, porque vivíamos cerca, y en Metalúrgica Tandil nos encontramos, trabajábamos

juntos y teníamos distintas capacidades. Coco era muy bueno en modelos, Omar estaba más relacionado con las máquinas y yo me fui volcando más a la parte técnica y al desarrollo. Nos complementábamos. Y todo nació ahí, incluso siempre cuento la anécdota de cuando nos reuníamos en el baño de la metalúrgica para ir proyectando lo que íbamos a hacer.

—¿Qué tenían cuando decidieron empezar por su cuenta?

—No teníamos demasiado, pero teníamos ganas y algo de conocimiento. Empezamos con lo que sabíamos hacer. Trabajábamos todo el día en la metalúrgica y después seguíamos en el taller. Sábados, domingos, tardes y noches. Y cada peso que ganábamos lo volvíamos a poner en la empresa, en máquinas, capacitación y desarrollo. Ni se nos ocurría retirar dinero cuando empezamos.

—¿Por qué era tan importante viajar?



Aurelio "Cacho" Maturana
junto a su familia



—Porque había que aprender. Fuimos a Alemania, Francia, Italia, Estados Unidos. No íbamos de turismo. Íbamos a ver qué se estaba haciendo, qué máquinas había, qué procesos nuevos aparecían. En Düsseldorf, en la GIFA, nos interesamos por la microfusión. Después fuimos a Estados Unidos para conocer el proceso de investment casting. La empresa que visitamos nos ofrecía el conocimiento a cambio de una licencia y nosotros

no teníamos el dinero para pagarlo. Entonces observamos, preguntamos, aprendimos todo lo que pudimos y volvimos a Tandil. Después tuvimos que desarrollar nuestro propio proceso, con mucho ensayo y error. Pero lo logramos.

—¿Qué aprendió de esos momentos en los que no había recursos suficientes?

—Que no hay que esperar a tener todo para empezar. Hay que hacer con lo que uno tiene y seguir aprendiendo. Nosotros hicimos lo que pudimos con el conocimiento que teníamos en ese momento. Y nunca dejamos de aprender.

—¿Qué lugar ocupó la amistad en una sociedad que duró cincuenta años?

—Fue fundamental. Nos conocíamos mucho, confiábamos y cada uno sabía lo que hacía el otro. Tuvimos diferencias, seguramente, pero había una base de confianza y de amistad muy fuerte. Estuvimos juntos cincuenta años.

—¿Cómo fue el momento en que ustedes dejaron la empresa y sus hijos tomaron la posta?

—Nosotros teníamos un contrato social por cincuenta años. Cuando se cumplió

“
Cuando
viajábamos
para
capacitarnos
no íbamos
de turismo.
Íbamos a ver
qué se estaba
haciendo en
otros países
con más
desarrollo,
qué máquinas
había, qué
procesos
nuevos
aparecían

”

ese período, nos jubilamos y nuestros hijos continuaron con la empresa. Los hijos de Coco y los míos siguieron trabajando juntos. Y algo muy lindo es que nuestros hijos también son amigos entre ellos. Y para mí es una satisfacción enorme porque veo que lo que construimos puede continuar. Nosotros pusimos mucho esfuerzo, pero también intentamos transmitir una manera de trabajar: aprender, reinvertir, desarrollar y no quedarse quieto.

—¿Qué fue lo más importante que aprendió durante todos esos años?

—Que siempre hay algo para aprender. Nosotros reinvertíamos cada peso que ganábamos en capacitación y desarrollo. También aprendimos a tener paciencia, a equivocarnos y volver a intentar. Hay que tener garra y animarse.

—¿Qué significa hoy la fundición para usted?

—La fundición es la sinfonía del metal. Me deleito de esa sinfonía del metal. Es algo que disfruté toda la vida. Y todavía hoy, cuando veo una pieza fundida, sigo encontrándole algo especial.

Principios básicos (PARTE 2)

ANÁLISIS TÉRMICO EN FUNDICIÓN DE HIERRO

Tras el primer artículo publicado, en el que se plantearon los principios básicos de funcionamiento de la técnica, este segundo artículo desarrolla las principales aplicaciones implementadas con éxito en fundiciones altamente competitivas: análisis térmico como herramienta accesible y de alto valor para convertir la fundición en un proceso controlado



Iker Asenjo

*investigador
y responsable
de proyectos
de
Tecnologías
de Fundición
de Hierro de
AZTERLAN*

AZTERLAN Centro Metalúrgico de Investigación (www.azterlan.es) desglosará a lo largo de una serie de 3 artículos los principios básicos de esta técnica ampliamente utilizada para el control del proceso de fundición. Un tercer y último artículo mostrará una visión más moderna sobre el control en línea de la calidad mediante el acoplamiento de la tecnología del análisis térmico y el proceso de simulación de los sistemas de llenado y alimentación.

En un entorno socioeconómico muy exigente, caracterizado por la búsqueda de la excelencia en términos de calidad, y donde la reducción de costos es una necesidad para

poder competir en un mercado global, las herramientas de control de proceso han adquirido un papel fundamental.

El análisis térmico se ha consolidado como una herramienta indispensable para el control metalúrgico en procesos destinados a la fabricación de piezas en fundición gráfica.

En el artículo anterior (publicado en El Fundidor 141) se presentaron las bases teóricas de funcionamiento de los sistemas de análisis térmico y se vislumbró el potencial que ofrecen para optimizar los procesos productivos de las fundiciones.

En estas líneas nos centraremos en distintas aplicaciones del análisis térmico y compartiremos casos de uso en los que la implantación de sistemas de análisis térmico ha permitido optimizar algún aspecto del proceso productivo y su resultado final.

Medios instrumentales

Todos los sistemas de análisis térmico basan su funcionamiento en el registro y análisis de la curva de enfriamiento del metal líquido durante su solidificación y posterior enfriamiento.

Para ello, el metal fundido se vierte en un recipiente de arena prerrevestida estándar (taza) provisto de un termopar y la señal eléctrica de este termopar se transfiere a un registrador que

proporciona el valor de temperatura en lapsos de tiempo. De esta forma se puede visualizar la evolución de la temperatura [°C] versus tiempo [s] del metal colado durante su enfriamiento: transformación líquido-sólido, transformación eutéctica, y transformación en estado sólido, transformación eutectoide. Un registro de este tipo de curvas se presenta en la Figura 1.

En función del tipo de análisis o estudio que se quiera realizar, se utilizarán diferentes tazas comerciales (Figura 2).

Finalmente, se realiza un procesamiento automático de los datos de las curvas y se muestran al usuario aquellos parámetros relevantes según la configuración seleccionada. Al ofrecer datos numéricos, se elimina la subjetividad en la interpretación de los resultados.

Implantación del análisis térmico en planta: lay-outs

La utilización del análisis térmico es habitual en plataformas fusoras, principalmente, para determinar los valores de C y Si del metal en estado líquido. Pero también cumple un rol importante en la zona de colada, donde la función del análisis térmico está más relacionada con el estudio de la calidad metalúrgica del metal antes de ser colado.

Por ello, existen múltiples configuraciones de presentación de equipos en planta, desde las más sencillas hasta configuraciones más complejas en las que un único equipo se utiliza para el control de múltiples líneas de colada, envío de datos vía Bluetooth, visualización de resultados en las zonas de toma de decisiones, etc.

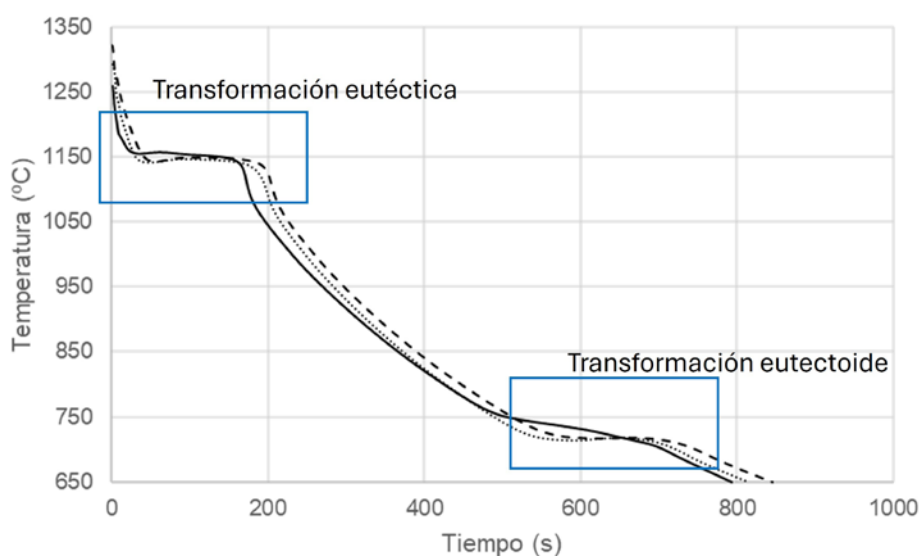
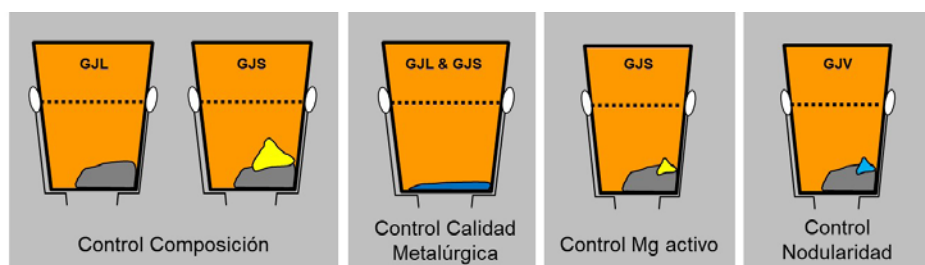


Figura 1. Curvas de solidificación y enfriamiento registradas en tazas de análisis térmico



GJL = Fundición Grafito Laminar; GJS = Fundición Grafito Esferoidal; GJV = Fundición Grafito Compacto

Figura 2. Tipos de tazas comerciales para análisis térmico y por tipo de análisis

Principales aplicaciones

Estimación de la composición química (GJL – GJS – GJV)

Debido a la correlación directa entre las temperaturas de transformación y la composición química, el C y el Si pueden ser calculados a partir de la curva registrada del metal solidificado según el modelo metaestable. Se utilizan para esta aplicación tazas con adición de Te para fundición gris (GJL), y con adición de Te y neutralizador de Mg para fundición dúctil y de grafito compacto (GJS y GJV).

La incertidumbre de medida del % C analizado por el sistema Thermolan®, por ejemplo, inferior a 0,05 % (para un nivel de confianza de $k=2$), es comparable a lo que puede obtenerse mediante técnica

de combustión. El análisis de C por análisis térmico presenta además la ventaja añadida de la rapidez, pudiendo obtener resultados en pocos segundos.

Algunos de los últimos desarrollos del análisis térmico en este campo se han encaminado a ampliar el rango de control de composiciones para C y Si, según se muestra en la Figura 6.

Control de Magnesio activo (GJS)

El contenido de magnesio en un metal no es garantía de un grado de esferoidización suficiente. Esto se debe a que parte del Mg contenido en el metal puede reaccionar con el azufre, oxígeno u otros elementos, produciéndose un desvanecimiento de la actividad del Mg.

Por tanto, del contenido total de Mg analizado en el metal por técnicas espectrométricas, las fundiciones únicamente están interesadas en conocer el contenido de Mg activo, esto es, la cantidad de magnesio que realmente queda disponible y efectivo en el metal líquido después del tratamiento con magnesio.

Los equipos de análisis térmico pueden asimismo utilizarse para determinar si el metal contiene un umbral mínimo de Mg activo que asegure un índice de esferoidización adecuado.

Esta aplicación está basada en tazas de control patentadas por diferentes casas comerciales, pudiendo llegar a identificar no solo los umbrales inferiores o superiores, sino también los rangos de Mg activo.

Control de calidad metalúrgica (GJL - GJS)

El control de la calidad metalúrgica permite verificar si el proceso de fusión y tratamiento del metal líquido ha sido suficiente para conseguir las propiedades mecánicas y funcionales que necesita una pieza. De ahí que un control del metal líquido antes de ser colado puede proporcionar información muy válida para la toma de decisiones.

El registro de la curva de solidificación permite parametrizar el poder de nucleación del metal, así como predecir la tendencia a la formación de carburos y microrrechupes. Algunos equipos de análisis térmico son capaces de predecir el número de nódulos y la capacidad de autoalimentación (self-feeding) del metal en GJS. En GJL también se puede predecir el % de grafito A o diferentes factores numéricos relativos



Figura 3. Aplicación típica de un sistema de análisis térmico en la plataforma fusora y visor de resultados in situ

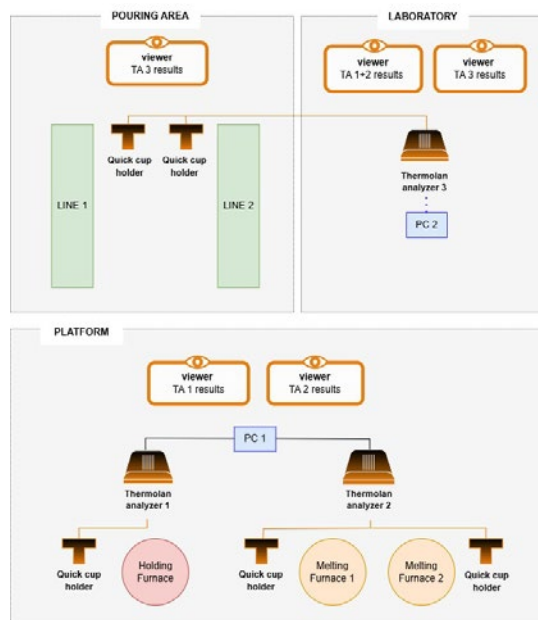


Figura 4. Lay-out de implantación de análisis térmico en las zonas de fusión y llenado en una planta con varias líneas de producción. Implementación de visores de datos en puntos clave de toma de decisión

a la calidad metalúrgica.

Adicionalmente, los resultados obtenidos en las tazas pueden extrapolarse a diferentes zonas de las piezas que se van a fabricar, de manera que se pueda adelantar la toma de decisiones y optimizar costes, ajustando las adiciones de acondicionadores en cuchara según el concepto de la pre-inoculación dinámica.

La Figura 7 muestra los resultados de un ensayo completo

para GJS, incluyendo control de composición, umbral de Mg activo y estudio de calidad metalúrgica del metal.

Control de índice de nodularidad (NI) en GJV

Algunos equipos del mercado además han desarrollado una aplicación para control de la producción en GJV. La curva de solidificación se utiliza para determinar si el metal analizado se encuentra dentro del rango adecuado para la fabricación de piezas con grafito compacto, limitando el riesgo de producir piezas con grafito laminar.

Al igual que en casos anteriores, y atendiendo a demandas del mercado, los resultados obtenidos sobre tazas se extrapolan a diferentes zonas en una pieza de fundición con geometría compleja.

Casos prácticos de aplicación del análisis térmico

La integración del análisis térmico en la gestión del proceso permite el control inteligente, ajustado y optimizado del tratamiento del metal líquido tanto en el tratamiento de esferoidización como en los procesos de acondicionamiento e inoculación. Ase-



Figura 5. Pantalla de resultados del análisis térmico (Thermolan®) integrada con otros parámetros de control de la planta para la gestión y toma de decisiones

gura, a su vez, el control de nodularidad y la calidad metalúrgica.

A continuación, se presentan casos prácticos basados en la implantación del sistema de análisis térmico Thermolan®, presente en varias fundiciones a nivel internacional. Los ejemplos han sido anonimizados y los datos adaptados con el fin de preservar la confidencialidad de las empresas usuarias. En todos los casos, la implantación del análisis térmico se enmarcaba en proyectos orientados a la optimización de la estabilidad del proceso y de la calidad del metal de producción.

CASO 1 **Control contenido** **mínimo de Mg activo** **en GJS**

Radiografía de la **organización:**

- ≈ Producción de 14.000 t/año de piezas en grafito esferoidal (75 %) y grafito laminar (25 %).
- ≈ 2 líneas de moldeo horizontal de alta presión y cucharas de colada fría sin presurizar.
- ≈ Plataforma fusora con 2 hornos de inducción de media frecuencia de 8 t.
- ≈ Tratamiento de nodulización

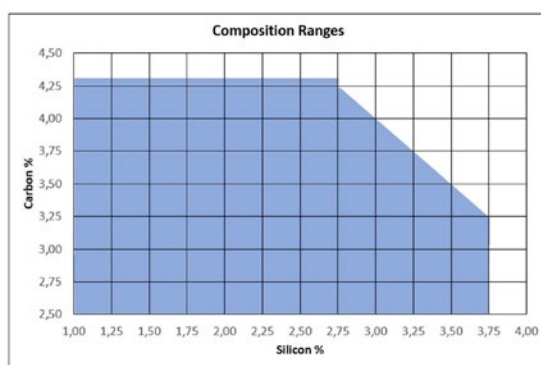


Figura 6. Rango ampliado de control de C y Si con Thermolan®



Figura 7. Pantalla de resultados para control de calidad metalúrgica (GJS)

por máquina de hilo 25 % en cucharas de 1.000 kg.

Situación de partida:

Ante la imposibilidad de asegurar el contenido de Mg previo a la colada, se realiza un sobretratamiento del metal promediando adiciones de 25.3 m/t para asegurar un contenido mínimo de Mg.

Propuesta:

Implementar un sistema de análisis térmico para la detección temprana de umbral mínimo de Mg activo.

Resultados:

- ≈ Detección temprana del 100 % de cucharas con tratamientos deficientes.
- ≈ Reducción del consumo de hilo en 22 %.
- ≈ Ahorro anual estimado por la propia fundición: 78.000 USD (66.000 €).

CASO 2 **Control de producción** **en GJV**

Radiografía de la **organización:**

- ≈ Producción de 36.000 t/año de piezas en grafito esferoidal (45 %) y grafito vermicular (55 %).
- ≈ 3 líneas de moldeo vertical y unidad presurizada de colada.
- ≈ Plataforma fusora de 6 hornos de inducción de media frecuencia de 10 t.
- ≈ Tratamiento de nodulización tipo sándwich que se realiza en cucharas de 1.800 kg con FeSiMg7.

Situación de partida:

La planta no cuenta con sistema de control predictivo en fabricación de piezas en GJV. La validación se hace en función del resultado de composición química, que se conoce con un decalaje de 3 tratamientos. Este decalaje obliga a rechazar la producción de 4 tratamientos. Se detectan de promedio un 0.1 % de tratamientos deficientes.

Propuesta:

Implementar un sistema de análisis térmico dotando a la planta de un sistema de aviso temprano por tratamientos deficientes.

Resultados:

- ≈ Detección temprana del 100 % de cucharas con tratamientos deficientes, eliminándose el rechazo de cucharas en tránsito.
- ≈ Ahorro anual estimado por la propia fundición: 48.000 USD (41.000 €).

CASO 3**Control de la calidad metalúrgica en GJS****Radiografía de la organización:**

- ≈ Producción de 24.000 t/año de piezas en grafito esferoidal (100 %).
- ≈ 2 líneas de moldeo vertical y unidad presurizada de colada dotadas con sistemas de control de inoculación en vena.
- ≈ Plataforma fusora con 4 hornos de inducción de media frecuencia y 12 t.
- ≈ Tratamiento de nodulización tipo sándwich que se realiza en cucharas de 1.500 kg con FeSiMg6.

Situación de partida:

La planta adiciona 0.30 % de acondicionador en cuchara de tratamiento a modo de pre-inoculación. No se hacen controles de calidad metalúrgica del metal tratado con lo que no se conoce el efecto de dicho aporte.

Propuesta:

Implementar un sistema de análisis térmico que permita al personal técnico chequear la calidad metalúrgica del metal con diferentes cantidades de pre-inoculación.

Resultados:

- ≈ Definición de la sistemática de control de calidad metalúrgica en diferentes condiciones de preparación del metal.
- ≈ Reducción de la adición

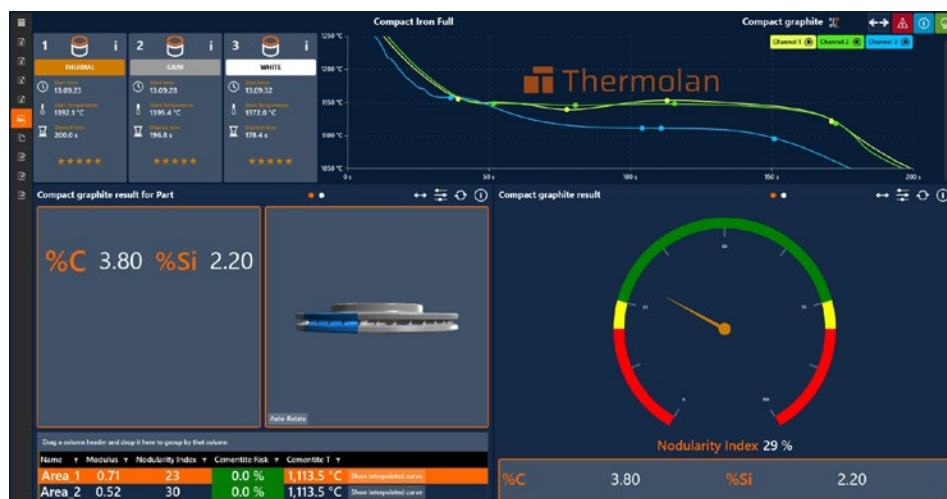


Figura 8. Resultados para control de calidad metalúrgica de GJV con extrapolación de resultados a zonas específicas de la pieza



Figura 9. Cálculo de la cantidad de Mg a adicionar a partir de datos de tratamientos anteriores realizado con el sistema inteligente Dosing Track de AZTERLAN

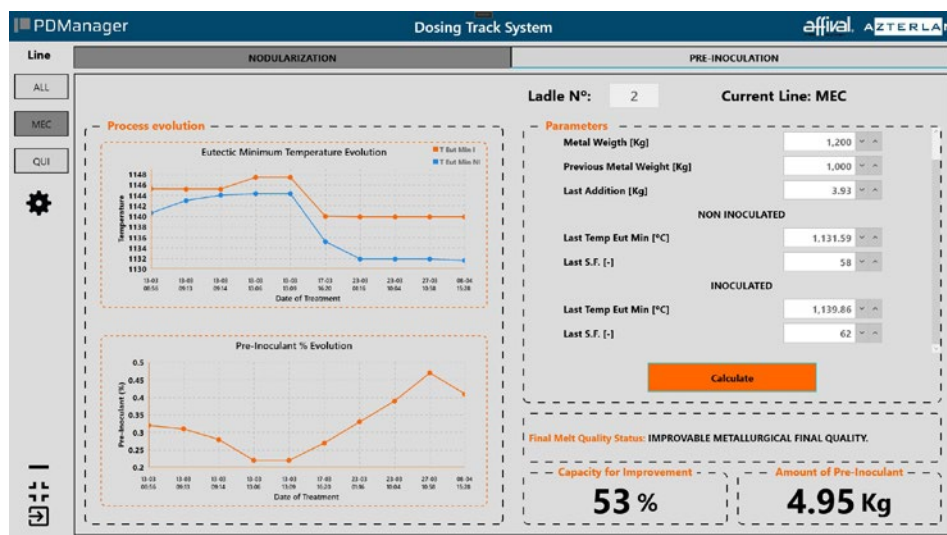


Figura 10. Cálculo de adición de preinoculación en el tratamiento de nodulización realizado con el sistema inteligente Dosing Track de AZTERLAN

de pre-acondicionador en un 33 %.

≈ Ahorro anual estimado por la propia fundición: 140.000 USD (120.000 €).

Conclusiones

El control del proceso de fabricación mediante herramientas de análisis térmico se ha consolidado como una necesidad prioritaria para aquellas fundiciones que buscan incrementar su nivel de competitividad. Estas tecnologías permiten no solo monitorizar el comportamiento del metal en tiempo real, sino también anticipar desviaciones y optimizar la toma de decisiones en etapas críticas del proceso productivo.

En este contexto, la evolución de los sistemas de control y la creciente relevancia de los datos generados han

impulsado la integración de herramientas adicionales capaces de complementar el análisis térmico tradicional. La combinación de distintas fuentes de información (desde la calidad metalúrgica hasta las variables de proceso) permite generar un mayor nivel de contexto, mejorando significativamente la capacidad predictiva y acercando a las fundiciones hacia estrategias de fabricación orientadas a la producción cero defectos.

Asimismo, la integración de la información relativa a la calidad del metal en planta, junto con las características geométricas de las piezas y las condiciones específicas de los sistemas de alimentación, permite una comprensión más profunda de las causas que originan defectos. Esta

visión integral facilita la correlación entre parámetros de proceso y resultados finales, posibilitando un ajuste más preciso de las condiciones de fabricación y avanzando hacia modelos productivos más robustos, eficientes y sostenibles.

En un próximo artículo se profundizará en cómo los modelos predictivos, aplicados a diseños reales de piezas y sistemas de alimentación, y alimentados con datos representativos de la calidad del metal en producción, pueden emplearse para optimizar el diseño de moldes y utillajes. Asimismo, el uso de estos modelos en combinación con datos en tiempo real permitirá anticipar desviaciones y contribuir de forma efectiva a la prevención de defectos en fabricación.

**Rumbo a los 80 años,
con compromiso,
innovación y calidad.**



Fundición Gatti S.R.L.
Hierro Gris y Nodular

Gral. Saavedra 1341 - S3085 Pilar
Prov. de Santa Fe - Argentina
Tel. (03404) 470041
www.fundiciongatti.com.ar

Técnica,
calidad y
productividad

GRANALLADO DE PIEZAS FUNDIDAS, MÁS QUE ESTÉTICA

El granallado de piezas fundidas no es una cuestión de terminación: es una etapa técnica que prepara la superficie para todo lo que sigue. Elimina arena, óxidos y cascarilla, permite detectar defectos, protege las herramientas de mecanizado y mejora la adherencia de los recubrimientos. En producciones de alto volumen, además, elegir el equipo adecuado es clave para lograr calidad y productividad



Juan Manuel Senor

*Abogado
(Universidad Nacional de Rosario).
Desde 2022 integra la empresa familiar (tercera generación)*

El granallado de piezas fundidas es un paso técnico y no solo estético. ¿Por qué? Una pieza recién salida del molde no está lista para usarse: sale cubierta de arena de moldeo, cascarilla de óxido y restos del desmolde. El granallado que viene después no es una cuestión de prolijidad ni de que “quede linda”. Es un paso técnico que condiciona la pieza para todo lo que sigue: inspeccionarla, mecanizarla, pintarla y ponerla en servicio con confianza. Para una fundición o un taller que produce gran volumen, resolver bien este paso define tanto su calidad como la productividad.



CYM MATERIALES S.A.
SOLUCIONES INDUSTRIALES





Qué sale del molde y por qué no sirve en bruto

La pieza en bruto arrastra todo lo que dejó el proceso: arena de moldeo adherida a la superficie, arena quemada incrustada donde el metal estuvo más caliente, cascarilla de óxido formada al enfriarse y restos de los sistemas de alimentación. Esa capa no es superficial ni pareja: esconde la forma real de la pieza y contamina cualquier operación posterior. Intentar mecanizar, inspeccionar o pintar sobre ella es trabajar a ciegas.

En una fundición de acero, además, conviene granallar apenas se desmolda, antes

de cortar los montantes. Quitar la arena abrasiva primero evita que dañe las herramientas de corte y deja el resto del proceso sobre una superficie limpia.

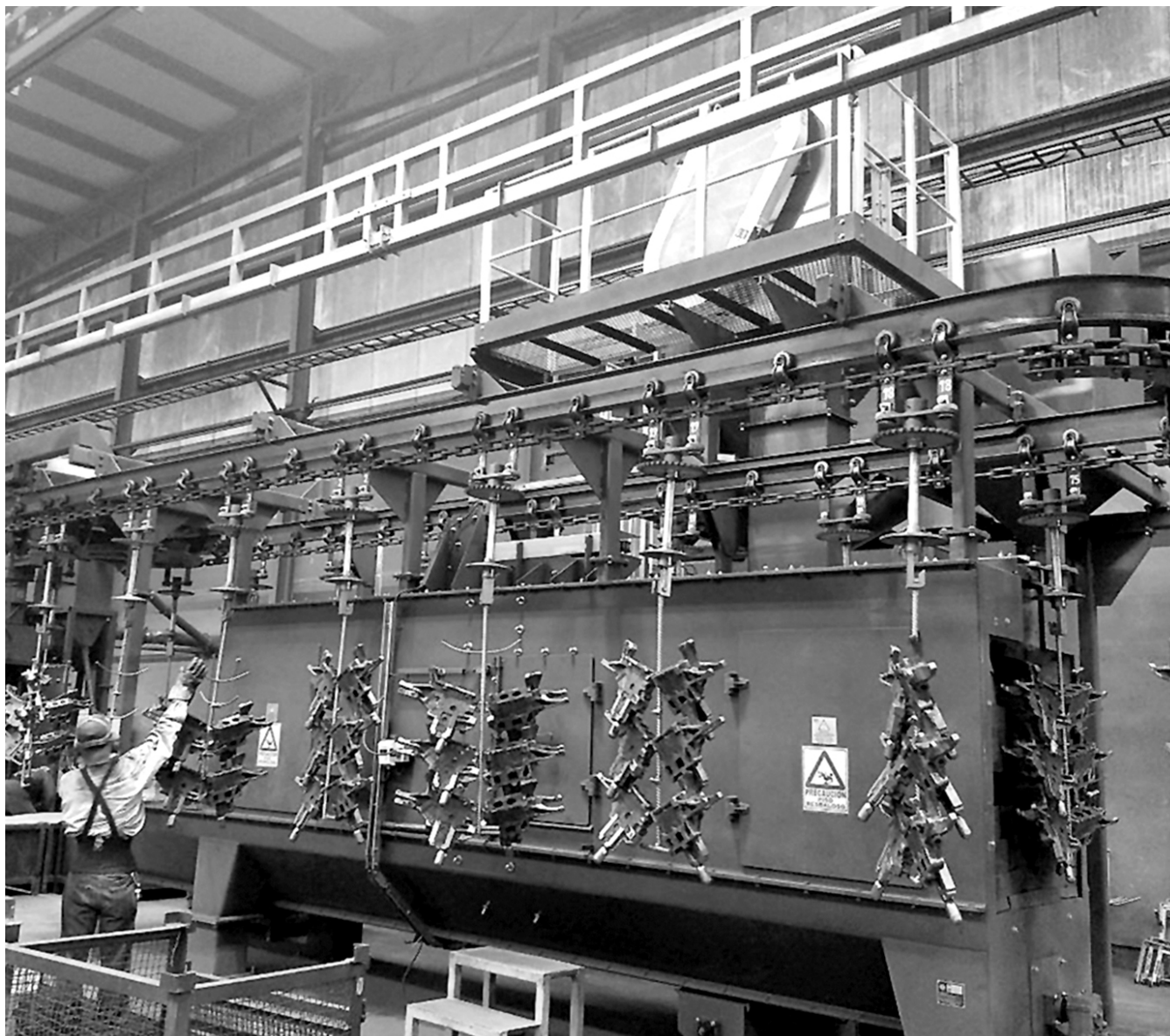
Qué le hace el granallado a la pieza fundida

El granallado proyecta granalla de acero a alta velocidad contra la pieza. El impacto arranca la arena, la cascarilla y los óxidos de manera uniforme sobre toda la superficie, incluidas cavidades y recovecos donde un cepillado manual no llega. El resultado es una superficie metálica limpia y homogénea, con rugosidad pareja,

tratada de forma repetible pieza tras pieza. Para el detalle del proceso en sí, remitimos al informe de introducción al granallado.

Deja ver la pieza real: inspección y detección de defectos

Sobre una pieza sucia, los defectos quedan tapados. Una vez granallada, la superficie limpia expone poros, rechupes, fisuras e inclusiones que la arena y la cascarilla ocultaban. Por eso el granallado es condición previa de la inspección visual y de los ensayos no destructivos: sin él, un defecto crítico puede pasar inadvertido hasta que la pieza



falla en servicio. Acá se ve claro que el granallado es funcional, no estético.

Prepara el mecanizado

La arena de moldeo es abrasiva y dura. Si la pieza llega al torno o a la fresa con arena adherida, esa arena desgasta y astilla el filo de la herramienta, acorta su vida y encarece el mecanizado. Granallar antes de mecanizar elimina ese abrasivo y entrega superficies de referencia y amarre limpias y estables, lo que mejora la repetibilidad dimensional. Se gana en herramientas que duran más y en menos piezas rechazadas.

Habilita la adhesión del recubrimiento

Una pieza fundida que se va a pintar, fosfatizar o recubrir necesita una superficie limpia y con anclaje. Sobre la cascarilla y los óxidos, cualquier recubrimiento se despegue, la película se adhiere a la suciedad, no al metal. El perfil que deja el granallado da el anclaje que el recubrimiento necesita para durar. La preparación de superficie para recubrimiento tiene sus propios criterios (remitimos al informe específico).

Hacerlo bien y en volumen: el equipo adecuado

El granallado da resultado

cuando es un proceso controlado, no un pulido improvisado. Muchas fundiciones recurren a granalladoras de mesa giratoria: son válidas para ciertas piezas, pero para el granallado completo rinden menos porque, por su geometría, la pieza suele necesitar dos o más ciclos para quedar 100 % granallada, con más tiempo de máquina y de manipulación. Para lograr la cobertura total en un solo proceso, el equipo correcto depende del tipo de pieza:

Granalladora de cinta rotativa

~ Piezas fundidas chicas y a granel que toleran el volteo



- ≈ Desarenado de piezas fundidas ferrosas y no ferrosas
- ≈ Volteo controlado (efecto de tamboreo) para cobertura uniforme sin dañar las piezas
- ≈ Eliminación de óxidos, cascarilla y laminillas
- ≈ Rebarbado junto con la limpieza, en un mismo ciclo
- ≈ Cintas de caucho para piezas delicadas o de acero para alta exigencia
- ≈ Pensada para altos volúmenes de piezas pequeñas

Granalladora de gancho

- ≈ Piezas fundidas medianas y grandes que se cuelgan y no se voltean
- ≈ Procesa piezas de cualquier tamaño, forma y complejidad
- ≈ Gancho giratorio: cobertura total sin manipular pieza por pieza
- ≈ Perchas intercambiables según el tipo de pieza
- ≈ Opciones de gancho fijo, móvil, doble o múltiple sobre rieles
- ≈ Carga y descarga simultánea en equipos de doble gancho
- ≈ Alto volumen de producción sin interrupciones

Conclusión: el granallado no cierra la pieza, la habilita

El granallado de una pieza fundida no es el toque final estético: es el paso que la vuelve inspeccionable, mecanizable y pintable, y que condiciona su desempeño en servicio. Hacerlo bien – con el abrasivo, la intensidad y el equipo correctos para cada tipo de pieza – es lo que separa una pieza confiable de una que falla más adelante. CYM Materiales diseña y fabrica las granalladoras que resuelven ese paso en las fundiciones.



3404 505960



E. Mills s/n - GÁLVEZ - Sta. Fe



TE 03404-431734



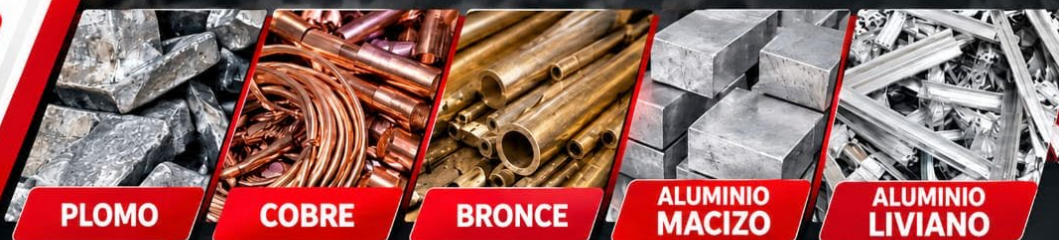
de.garnero@hotmail.com



acerosgarnero@gmail.com

¿NECESITÁS MATERIAL PARA **FUNDIR**?

CONTAMOS CON MATERIAL RECICLABLE



PLOMO

COBRE

BRONCE

ALUMINIO
MACIZO

ALUMINIO
LIVIANO



CONSULTÁ POR WHATSAPP

3404 512544

¿TU EMPRESA
**COMUNICA LO
QUE PRODUCE?**

Lo que no se comunica, no se ve.

¿Qué hacemos
desde **CIFRA**?:

- ✓ Diagnóstico
- ✓ Estrategia
- ✓ Contenidos
- ✓ Posicionamiento

Resultados:

- ✓ Más visibilidad
- ✓ Mejor posicionamiento
- ✓ Más oportunidades

Te contamos cómo mejorar la
comunicación de tu empresa:

Solicita una reunión



CIFRA
FUNDIDORES
ARGENTINA



ITASA

¡Sí, lo hicimos con **IA**!
ITASA ARGENTINA

Somos líderes en **Fundición
de Aceros y desarrollo de
Proyectos End-to-End**



Escaneá el
código QR
¡Conocé más!



www.acerositasa.com.ar



Prevención de incendios

ALUMINIO: EXPLOSIONES POR POLVO METÁLICO DURANTE EL GRANALLADO DE PIEZAS

El granallado de aluminio puede generar polvo combustible capaz de provocar deflagraciones si se combinan determinadas condiciones. La captación eficiente, el control de las fuentes de ignición y la limpieza de los equipos son claves para prevenir incendios y explosiones. Conocer los riesgos permite diseñar y operar instalaciones más seguras



Ing. Alberto Forcato

Ingeniero Químico (UNLP) e Ingeniero en Administración de Empresas (UTN), especialista en tecnología del aluminio

El granallado de piezas de aluminio presenta riesgos específicos y requiere criterios de ingeniería diferentes de los aplicados a los materiales ferrosos. Esta operación se utiliza para eliminar óxidos, residuos de fabricación, contaminantes superficiales y recubrimientos, así como para preparar las piezas antes de la pintura, el anodizado, la aplicación de recubrimientos metálicos o las inspecciones de calidad. El impacto continuo de la granalla desprende partículas metálicas de distintos tamaños que, junto con los finos originados por el desgaste del abrasivo, son transportadas hacia el siste-

ma de captación. La fracción más fina puede permanecer suspendida en el aire y, bajo determinadas condiciones, formar una atmósfera explosiva.

La peligrosidad no depende únicamente de la composición química del polvo. También intervienen la granulometría, la concentración y dispersión en el aire, la humedad, el contenido de oxígeno, la energía de la fuente de ignición y el grado de confinamiento. La combinación de estos factores puede producir una deflagración capaz de dañar los equipos y poner en riesgo al personal. En general, los incidentes no responden a una sola causa, sino a la acumulación de desviaciones: limpieza defi-



ciente, mantenimiento insuficiente, empleo de abrasivos inadecuados, modificaciones no evaluadas o pérdida de eficiencia del sistema de extracción. Por ese motivo, la prevención debe abordarse como parte integral de la seguridad del proceso.

Formación del polvo de aluminio y mecanismos de explosión

Durante el granallado se generan partículas con una amplia distribución granulométrica. Las de mayor tamaño sedimentan dentro de la máquina, mientras que las más finas son arrastradas por la corriente de aire hacia el colector. Su cantidad y sus características dependen,

entre otras variables, de la aleación, el estado superficial de la pieza, el tipo y tamaño del abrasivo, la velocidad de impacto, el tiempo de exposición y el grado de desgaste de la granalla.

Desde el punto de vista de la seguridad, la fracción más crítica es la que puede permanecer suspendida el tiempo suficiente para formar una nube combustible. A medida que disminuye el tamaño de partícula, aumenta la superficie específica expuesta al oxígeno y puede incrementarse la velocidad de combustión.

Riesgo relativo cualitativo de distintos abrasivos en el granallado de aluminio

Para que se produzca una deflagración deben coexistir una nube de polvo dentro de un intervalo de concentración combustible, un oxidante –habitualmente el oxígeno del aire–, una fuente de ignición con energía suficiente y un grado de confinamiento que permita el rápido aumento de presión. Si falta alguno de estos elementos, la explosión no puede desarrollarse.

El colector de polvo es, por lo general, el punto de mayor criticidad: allí confluyen el material combustible fino, el flujo continuo de aire, la acumulación de partículas y eventuales fuentes de ignición. Además, una primera deflagración puede levantar depósitos asentados sobre

Orden	Material de granalla	Composición principal	Riesgo relativo
1	Vidrio sodocálcico	SiO ₂ amorfo-Na ₂ O-CaO	Más bajo
2	Cerámica de zirconia	ZrO ₂ -SiO ₂ amorfo	Bajo
3	Cerámica de alúmina	Al ₂ O ₃	Bajo a moderado
4	Silicatos	Silicatos de Fe, Al, Mg y Ca	Moderado; genera finos
5	Acero inoxidable	Fe-Cr-Ni	Moderado a alto; impactos metálicos y chispas
6	Acero al carbono	Fe-C y óxidos de hierro	Alto

Nota: la clasificación es cualitativa. El riesgo real debe determinarse mediante el análisis de las propiedades del polvo generado y de las condiciones específicas de operación.

vigas, estructuras, equipos o pisos y originar explosiones secundarias, muchas veces más destructivas que el evento inicial.

Principales fuentes de ignición

Las fuentes de ignición pueden estar presentes durante el funcionamiento normal o aparecer como consecuencia de fallas mecánicas, eléctricas u operativas.

Chispas por impacto

Pueden generarse por el ingreso de cuerpos extraños, piezas sueltas o contactos metálicos anormales causados por el desgaste. La prevención exige controlar el estado mecánico de la máquina e inspeccionar periódicamente los componentes sometidos a desgaste.

Fricción y sobrecalentamiento

Rodamientos deteriorados, ejes desalineados, turbinas desbalanceadas o transportadores bloqueados pueden alcanzar temperaturas peligrosas. El control de vibraciones, temperatura y consumo eléctrico facilita la detección temprana de estas anomalías.

Electricidad estática

El transporte de partículas por conductos, filtros y mangas puede acumular cargas

electrostáticas. Todas las partes conductoras deben permanecer equipotenciales, conectadas a tierra y sometidas a verificaciones periódicas de continuidad.

Equipos eléctricos

Los motores, tableros, sensores y luminarias ubicados en áreas donde pueda existir polvo combustible deben seleccionarse de acuerdo con la clasificación de la zona y la normativa aplicable.

Trabajos de mantenimiento

La soldadura, el corte, el amolado y el uso de herramientas que producen chispas requieren procedimientos de trabajo en caliente, previa limpieza, aislamiento y verificación de la instalación.

Ingreso de materiales extraños

Piezas de acero endurecido, elementos de fijación, herramientas o restos de soldadura pueden generar impactos de alta energía dentro de la turbina o del sistema de transporte de granalla.

Diseño seguro del sistema de captación

El sistema de aspiración no solo debe mantener la visibilidad dentro de la cámara. Su función principal es retirar continuamente el polvo

generado, evitar su dispersión en el ambiente y limitar los depósitos dentro de la instalación.

Captación en el punto de origen

El polvo debe captarse lo más cerca posible del lugar donde se genera. El caudal de extracción debe mantenerse dentro de los valores definidos para el equipo y verificarse periódicamente. Una disminución progresiva puede indicar obstrucciones, desgaste del ventilador, fugas en los conductos o saturación de los elementos filtrantes.

Diseño de los conductos

Los conductos deben asegurar el transporte continuo del polvo hasta el colector y evitar sectores con baja velocidad del aire. Los cambios bruscos de dirección, las derivaciones innecesarias, las ampliaciones repentinas y los recorridos excesivos aumentan la pérdida de carga y favorecen la sedimentación. El diseño también debe incorporar accesos para inspección y limpieza.

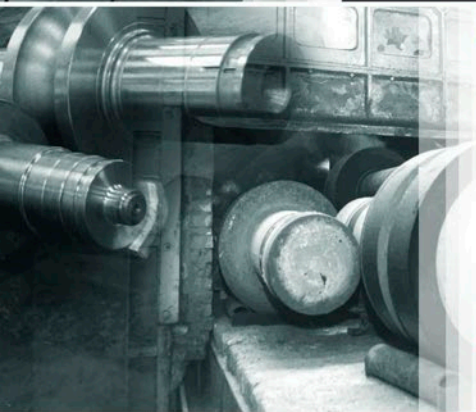
Colector de mangas

La eficiencia del colector depende de la selección del medio filtrante, la velocidad de filtración, el sistema de limpieza y el mantenimien-



FUNDICION
TITANIA

NORBERTO D. RIVERO S.A.



- . Superalaciones y aceros especiales
- . Aleaciones a base de cromo, base níquel y base cobalto
- . Hierro nodular y aleteado
- . Piezas de hasta 15 toneladas, para todo tipo de industria y aplicación
- . Ingeniería en materiales
- . Desarrollo de aleaciones a medida

Ameghino 52 (2804) | Campana
Pcia. Buenos Aires | Argentina
Tel. 54 3489 422 733 y líneas rotativas
Fax 03489 424 008

titania@titania.com.ar
www.titania.com.ar



Mess

Instrumentos de Medición y END

www.mess.com.ar



ESPECTOMETRÍA

41

Años al servicio de su calidad,
brindando soluciones a los
requerimientos más exigentes de la industria

DUROMETRÍA



**ENSAYOS
NO DESTRUCTIVOS**



ventas@mess.com.ar - 54 11 4734 1630 / 54 11 5291 0460 - Nicaragua 4621 - Caseros - Buenos Aires

to preventivo. La presión diferencial es uno de sus principales indicadores de funcionamiento: un aumento progresivo suele revelar obstrucción de las mangas, mientras que una caída anormal puede indicar roturas o pérdidas de estanqueidad. La inspección debe incluir las mangas, las canastas de soporte, las válvulas de limpieza, las tolvas y los dispositivos de descarga. Por su concentración de polvo fino y aire, el colector debe considerarse un componente crítico del proceso y contar con las medidas de prevención y protección definidas por el análisis de riesgos y la normativa aplicable.

Control de depósitos y limpieza

La limpieza debe abarcar conductos, tolvas, estructuras, plataformas, vigas, bandejas portacables, pisos y cualquier superficie donde puedan depositarse partículas finas. No se recomienda emplear aire comprimido, porque puede redispersar el polvo y formar nubes combustibles. Deben utilizarse métodos de aspiración industrial aptos para polvo metálico combustible.

Inspección y mantenimiento

Como mínimo, el programa periódico debe contemplar:

- ≈ *Verificación del caudal de extracción y de la presión diferencial del colector.*
- ≈ *Inspección de mangas filtrantes, conductos, unio-*

nes, tolvas y sistemas de descarga.

- ≈ *Comprobación de la continuidad eléctrica y de las puestas a tierra.*
- ≈ *Limpieza programada de los depósitos de polvo.*
- ≈ *Control de rodamientos, ventiladores, turbinas y sistemas de transporte.*
- ≈ *Revisión de los procedimientos de trabajo en caliente y del control de materiales extraños.*

Conclusiones y recomendaciones

El granallado de aluminio puede realizarse de manera segura cuando el diseño, la operación y el mantenimiento consideran las propiedades combustibles del polvo generado. El riesgo aumenta cuando se pierde eficiencia de captación, se acumulan finos, se deterioran componentes mecánicos o se introducen modificaciones sin evaluación previa.

La prevención eficaz requiere actuar en forma simultánea sobre la generación y acumulación de polvo, las fuentes de ignición, la captación, la limpieza, la inspección y la capacitación. Ninguna medida aislada garantiza por sí sola un nivel de seguridad adecuado.

En consecuencia, se recomienda tratar el colector como un equipo crítico; mantener velocidades de transporte que eviten depósitos; controlar caudal y presión diferencial; asegurar la equipotencialidad y la puesta a tierra; supervisar vibra-

ciones, temperaturas y desgaste; impedir el ingreso de materiales extraños; aplicar permisos específicos para trabajos en caliente; capacitar periódicamente al personal, y evaluar técnicamente toda modificación antes de implementarla.

La seguridad es una condición dinámica. Debe verificarse y mantenerse durante toda la vida útil de la instalación mediante una gestión continua basada en inspecciones, mantenimiento preventivo y revisión periódica del análisis de riesgos.

Referencias bibliográficas

- ≈ *NFPA 484. Standard for Combustible Metals.*
- ≈ *NFPA 652. Standard on the Fundamentals of Combustible Dust.*
- ≈ *NFPA 68. Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting.*
- ≈ *NFPA 69. Standard on Explosion Prevention Systems.*
- ≈ *Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Combustible Dust National Emphasis Program.*
- ≈ *Unión Europea. Directiva 1999/92/CE (ATEX).*
- ≈ *Unión Europea. Directiva 2014/34/UE (ATEX).*
- ≈ *ISO/IEC 80079. Atmósferas explosivas (partes aplicables).*
- ≈ *VDI 2263. Dust Fires and Dust Explosions.*
- ≈ *Health and Safety Executive (HSE). Publicaciones técnicas sobre polvos combustibles.*

NOTA DEL AUTOR

El autor utilizó ChatGPT (OpenAI) como herramienta de apoyo para organizar y estructurar ideas, realizar búsquedas bibliográficas iniciales y mejorar la claridad y la redacción del texto. La selección y verificación de las fuentes bibliográficas, así como la interpretación de la literatura y la elaboración de las conclusiones, fueron realizadas por el autor. Todo el contenido sugerido con asistencia de inteligencia artificial fue revisado, corregido y validado por el autor, quien asume plena responsabilidad por la versión final del trabajo.

DUROMETRIA

Venta, reparación y
calibración de durometros



Laboratorio de calibración
acreditado por O.A.A.



VIDEOSCOPIA



yateks®

ESPECTROMETRIA

PORTATILES
Y DE BANCO



Anacom SciAps

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS



TINTAS PENETRANTES
PARTICULAS MAGNETICAS
EQUIPOS Y CONSUMIBLES

RINDEN **3** VECES
MÁS



QUE OTRAS MARCAS

MAGNAFLUX



GARANTIA Y SERVICE OFICIAL LOCAL

30 de Septiembre, (ex Warnes) 513 Temperley, Buenos Aires, Argentina Tel: +54 11 4292-4767
WPP: +54 9 1165550780 Email: info@oshma.com.ar



**Alta calidad en fundición según
normas ISO 9001 e IATF 16949.**

**Sistema de Gestión Ambiental certificado
según normas ISO 14001.**



**FUNDICIONES
SAN JUSTO**



www.grupodema.com.ar
Avda. Presidente Perón 3750
San Justo - 4480-7000

CALDE® GUARD
por Calderys

REFRACTARIOS: UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA HORNOS DE INDUCCIÓN

Una nueva solución refractaria para hornos de inducción sin núcleo, llamada CALDE® GUARD y desarrollada por Calderys, combina un revestimiento de sílice sin boro con un anillo superior prefabricado para mejorar la resistencia mecánica, extender la vida útil y reducir los tiempos de instalación y mantenimiento. Ya es utilizada por grandes fundiciones de Suecia y gana terreno como opción de tecnología seca en Europa y Estados Unidos



Las tres fundiciones más grandes de Suecia, han implementado una nueva solución refractaria para hornos de inducción sin núcleo. Ahora disponible en América del Norte, la nueva solución es la CALDE® GUARD de HWI, miembro corporativo de AFS, Calderys, y consta de un revestimiento a base de sílice sin boro que se combina con un anillo superior prefabricado. El resultado, dice Gert Karlsson, director técnico de la fundición, es una vida útil del revestimiento un 25% más larga que todos los demás conceptos refractarios.

Una nueva generación de revestimientos

“Una medida típica de la vida útil de un producto refractario es cuántos ciclos se pue-

den fundir con el horno”, explica Karlsson, y agrega: “Yo diría que 350 ciclos se consideraría de alto rendimiento, y menos de 200 podría ser un rendimiento mediocre. Con CALDE® GUARD, la mayoría de las fundiciones ven una mejora en ese rango de 300-350. Todos los comentarios son consistentes: los clientes dicen que ahorran dinero importante debido a la vida útil más larga del 25 % y menos mantenimiento: ven significativamente más horas de producción en un año”.

CALDE® GUARD es compatible con todos los hornos de inducción OEM del mercado. A diferencia de muchos refractarios de sílice a base de cuarzo, Calderys obtiene sílice a base de cuarcita de Suecia, lo que permite una mejor densidad y rendimiento, según Karlsson.



Si bien el revestimiento de sílice sin boro es una alternativa al boro que ofrece un impacto biológico beneficioso, el anillo prefabricado se incluye para la sección superior de los hornos de inducción sin núcleo para reducir el desgaste mecánico.

Calderys fabrica el anillo superior prefabricado internamente en su propio centro de servicio de fundición. La compañía dice que tener un control total de este proceso garantiza que puedan entregar equipos superiores de manera constante para cada instalación.

Una solución que mejora la vida útil del horno

“CALDE® GUARD nació de una preocupación medioambiental y, en última instancia, se ha convertido en una solución a gran escala para mejorar la

vida útil del horno en todos los ámbitos”, explica Griffin Patterson, especialista en aplicaciones de HWI, y agrega que Calderys es el único en poder ofrecer esta prueba de concepto completo.

El sistema se está promocionando actualmente en el mercado estadounidense, a pesar de la sensibilidad al precio, ya que ofrece importantes ahorros de costos a través de la reducción del mantenimiento y el aumento de las horas de producción. Además, es compatible con varios fabricantes de hornos de inducción y está ganando terreno en Europa y otras regiones.

Un anillo diseñado para resistir

Los productos de sílice tienden a ser blandos y susceptibles a daños mecánicos en áreas no calentadas en la par-

te superior del horno, y la sílice sin boro es aún más suave, según Karlsson. De ahí la necesidad de prestar atención precisa al anillo superior prefabricado de CALDE® GUARD. “Cuando los materiales refractarios no están completamente sinterizados, serán mecánicamente débiles. Esto es el resultado de que ni el nivel de fusión ni la bobina de inducción llegan a la parte superior del horno”, agrega Karlsson.

Por lo tanto, los operadores de fundición a veces usan un moldeable estándar para revestir la parte superior del horno. Los hornos se cargan desde la parte superior, por lo que se necesita un anillo superior fuerte para que la resistencia del material soporte la fuerza abrasiva y mecánica.

Sin embargo, los hormigones estándar están sujetos



CALDE GUARD Y SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- » Mejora el rendimiento y la productividad del refractario.
- » Es un concepto completo llave en mano que combina SVENSKA MIX QBF, anillo superior prefabricado que incluye boquillas y métodos de instalación especializados.
- » SVENSKA MIX QBF es un sílice sin boro de vibración seca con buena resistencia a las grietas por expansión.
- » Es respetuoso con el medio ambiente y adecuado para fundiciones que buscan reducir su huella ambiental.
- » El anillo superior está prefabricado y presinterizado para mejorar la resistencia mecánica.
- » No requiere sinterización adicional en el sitio, lo que es típico con el revestimiento de sílice.
- » CALDE® GUARD está disponible en los EE. UU. a través de HWI, miembro de la sede de Calders en Pensilvania.

a tiempo de secado. Esto detiene la producción y retrasa la disponibilidad del equipo para los clientes. El uso de un anillo superior prefabricado elimina el requisito de secado adicional, lo que permite a los clientes volver a la producción más rápidamente.

Menos tiempo de instalación, más producción

“El anillo superior prefabricado ya está seco, está listo para funcionar, lo que acorta el tiempo de instalación. Una ventaja crucial para el cliente es que Calders hace todo esto internamente antes de entregar el producto al cliente. Eso significa que la fundición y el revestimiento se realizan en los mismos entornos controlados, por lo que siempre podemos garantizar un re-

sultado perfecto”, continúa Karlsson.

Por su parte, Patterson agrega: “Un revestimiento más fuerte significa más calor por revestimiento, por lo que se vuelve a colocar el revestimiento con menos frecuencia y, en general, menos tiempo de inactividad durante todo el proceso de instalación. Como no se requieren agentes de sinterización adicionales para que el producto esté listo para usar, esto aumenta la disponibilidad del equipo”.

Además del tiempo ahorrado al mejorar la eficiencia de la instalación, Calders dice que los clientes de fundición pueden esperar realizar revestimientos con menos frecuencia, lo que significa costos reducidos, menor uso de energía y, en última instancia, un mejor rendimiento de sostenibilidad.

ACERIAS 4c

SÓLIDOS COMO EL ACERO

Fundición de aceros al carbono, aceros inoxidables, gris y nodular

SEGUINOS EN NUESTRAS REDES SOCIALES



@acerias4c



@acerias4c



www.acerias4c.com.ar



FUNDICIONES DE ACEROS BRINELL

- Fabricamos piezas según plano
- Fundimos aceros al carbono, inoxidables, dúplex, refractarios, resistentes al desgaste y más, según normas!
- También puedes cotizar tu modelo con nosotros!



BRINELL S.R.L.

CONTÁCTANOS!

DIRECCIÓN

Pres. Quintana 7836, José
León Suárez, Provincia de
Buenos Aires

www.acerosbrinell.com

ADMINISTRACIÓN

Cel 11 6566-5977

facturacion@acerosbrinell.com
proveedores@acerosbrinell.com

FÁBRICA

produccion@acerosbrinell.com

VENTAS

Cel 11 6866-1665

ventas@acerosbrinell.com

Industria, tecnología y desarrollo

UN NUEVO MODELO INDUSTRIAL ES POSIBLE

Por qué la industria y la tecnología siguen siendo la base del desarrollo en el siglo XXI, y qué política productiva necesita la Argentina para no quedar afuera de la nueva geometría industrial global



Dr. Juan C. Vacarezza

Contador Público (UBA), docente universitario, especialista en economía y tributación. Autor de libros. Subdirector Maestría en Tributación y Ex vicedecano FCE-UNLZ. Presidente Ejecutivo Fundación Buenos Aires XXI

El desarrollo de la sociedad moderna y contemporánea ofrece una abundancia de bienes y servicios jamás conocida en la historia de la economía. Sin lugar a dudas, esa riqueza material es producto y consecuencia del desarrollo del sistema industrial y tecnológico a través del tiempo. La industria y la tecnología han sido la base de sustentación de la estructura productiva y tecnológica sobre la que se ha apoyado el desarrollo económico y social. Sociedades industriales = sociedades desarrolladas, y sociedades subdesarrolladas = fuera del mundo moderno y, por lo tanto, lejos del bienestar. En este marco, encontramos naciones razonablemente ricas que, sin contar con una estructura industrial y tecnológica desarrollada, basan su riqueza en la explotación de sus recursos naturales. Holanda, por ejemplo, productora de pe-

tróleo, destina la rentabilidad de su explotación a un fondo común de inversión, cuya renta se dirige a los ingresos estatales. Hay naciones que captan recursos provenientes de sociedades desarrolladas y los destinan al desarrollo de actividades como el turismo y los sistemas financieros.

La sociedad industrial no es un conjunto de fábricas, sino un sistema social y económico. Es un sistema porque la industria no puede crecer en el vacío, necesita instituciones, empresas, tecnología y políticas específicas que permitan su nacimiento y desarrollo.

Cuando la enorme riqueza del pasado no se podía sostener por la problemática de los términos de intercambio, la solución efectiva consistía en pasar al sistema fabril y alentar la producción de nuevos bienes, crear más riqueza era repetir, en formas locales, la aventura del desarrollo.



Estructura productiva y desarrollo argentino

La dualidad productiva entre el agro y la industria dio lugar al concepto de “estructura productiva desequilibrada”, desarrollado por el ingeniero Marcelo Diamand(1). Su planteo se sustentaba en la idea de que la productividad del sector agropecuario, basada en la disponibilidad de recursos naturales, generaba capacidades competitivas de mayor alcance que las de la industria.

La industria sigue siendo clave para el desarrollo en el siglo XXI. Argentina cuenta con recursos estratégicos y capacidades tecnológicas que le permiten insertarse en las nuevas cadenas globales, pero necesita una política industrial moderna, pragmática y sostenida por la acción del Estado nacional.

Esa estructura productiva debe ser capaz de generar empleos de calidad, expandir el horizonte tecnológico y

ofrecer una base para el desarrollo y la movilidad social. No se trata de recrear la industrialización del siglo pasado, que surgió en un contexto mundial distinto, pero tampoco de creer en los conceptos y acciones de la política pública actual, que sostiene que el sector industrial ha perdido relevancia y que el país puede desarrollarse prescindiendo de ellos.

Industria, tecnología y competencia global

En el siglo XXI, la industria y la tecnología siguen siendo pilares de la innovación,

de las cadenas productivas globales y de la competencia estratégica permanente entre las grandes potencias tecnológicas.

El país tiene la posibilidad de redefinir su inserción internacional y avanzar por un camino de desarrollo sustentado en la productividad y la innovación, siempre y cuando las políticas estatales estén dirigidas a consolidarlo.

El escenario global actual, signado por la geopolítica como factor de diseño y direccionamiento de las políticas económicas mundiales,

se orienta hacia las nuevas tecnologías y las cadenas globales de valor, en las que la industria y la tecnología ocupan un lugar privilegiado. Estamos en presencia de una nueva manufactura intensiva, desarrollada y sostenida por el conocimiento, en la que convergen la digitalización, la automatización, la inteligencia artificial (IA) y las denominadas tecnologías limpias.

En este escenario, la producción de bienes de alto grado de complejidad se convierte en un factor decisivo de autonomía y carácter estratégico para los Estados nacionales.

La creciente importancia de la inteligencia artificial en los nuevos procesos productivos acelera una transformación que abarca toda la cadena, desde el diseño y la creación de un producto hasta su logística y entrega.

La nueva geometría industrial

La nueva geometría industrial presenta tres implicancias claves:

Producción y competencia:

cada componente o servicio puede convertirse en un producto competitivo, lo que puede llevar a la pérdida de ventajas comparativas para algunas empresas y regiones, mientras que otras pueden encontrar nuevas oportunidades de negocio.

Innovación y empleo: la ubicación del empleo y la innovación están en juego. Las empresas deben desarrollar habilidades y activos que les permitan retener actividades de alto valor agregado, ya que la conexión entre el bienestar empresarial y nacional no es tan evidente.

Manufactura como estrategia: la manufactura puede ser un activo estratégico o

una commodity vulnerable. Las empresas deben decidir cuándo tercerizar la producción o mantener ventajas comparativas y cuándo es crucial mantener el control directo de la creación de valor. En resumen, las empresas deben adaptarse y reevaluar sus estrategias para competir efectivamente en un entorno industrial en constante cambio.

La industria 4.0 y la transformación productiva

Estos procesos tienen lugar dentro de la denominada etapa de industrialización 4.0, que se caracteriza por una automatización en la

producción fabril vinculada a cuatro elementos:

≈ **Internet de las cosas**

(Internet of Things, "IoT"):

dispositivos interconectados que comparten datos para optimizar procesos en tiempo real.

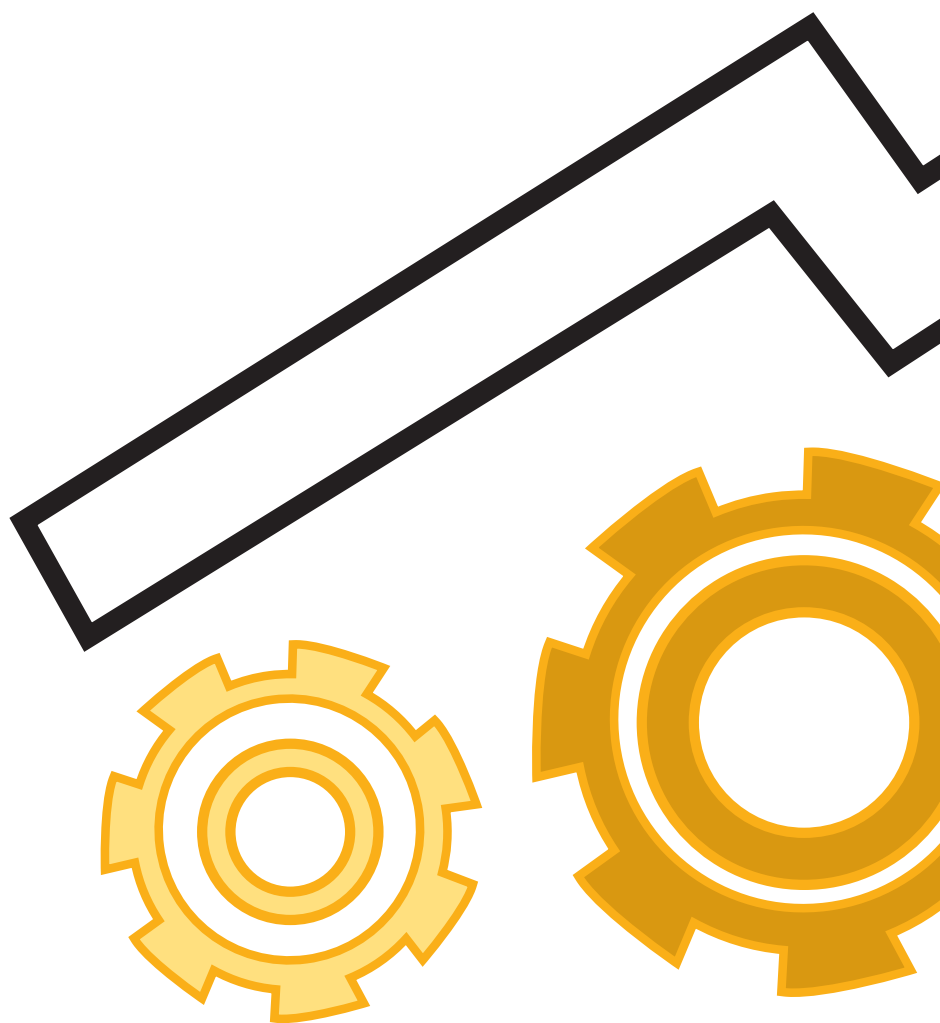
≈ **Sistemas ciberfísicos:**

integración de componentes físicos y digitales para controlar y monitorear la producción mediante computación.

≈ **Cultura "Hágalo usted mismo":**

promoción de la autosuficiencia y la creatividad para crear o modificar soluciones sin intermediarios.

≈ **Fábrica 4.0:** plantas industriales inteligentes





que unifican “IA”, “IoT” y sistemas ciberfísicos para automatizar la manufactura por completo.

El denominador común es la posibilidad de recurrir a redes virtuales que controlan objetos físicos, a lo que se suman nuevos sistemas de gestión virtual –que mejoran la trazabilidad–, las herramientas de *big data*, la simulación y la optimización del uso de la energía y las materias primas. Estas tendencias no se

limitan al ámbito del sector manufacturero.

El modelo productivo argentino

Analizando la acción del gobierno actual, observamos un camino hacia un modelo de enclaves productivos que suma al agropampeano, la energía y la minería como sectores potencialmente generadores de divisas.

Por las características que tienen los nuevos regímenes de

inversión y promoción (RIGI), entendemos que no va a haber un desarrollo de proveedores, es decir, de cadenas de valor en torno a las actividades extractivas, lo que significa que los enclaves tendrán escaso efecto multiplicador.

Estamos frente al desfinanciamiento de la ciencia, la técnica y la educación pública, que afectará indudablemente la calidad de los recursos humanos que todavía se consideran un diferencial local positivo.

Es importante destacar que hay sectores en la economía argentina que están a la vanguardia de la tecnología mundial, como por ejemplo los reactores nucleares, los satélites y los acuerdos con referentes de SpaceX, líder mundial de la industria aeroespacial.

La ética frente al avance tecnológico

“En este escenario entre eras se hace urgente más que nunca antes en la historia la necesidad de (volver a) reivindicar la primacía de la ética sobre la técnica: primacía temporal, desde luego, pero sobre todo ontológica. Hans Jonas lo formuló como imperativo para la civilización tecnológica: obra de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida auténticamente humana sobre la Tierra. Antes de preguntar qué puede la técnica, hay que preguntar qué debe la persona. Esa pregunta, tan antigua como Sócrates, es hoy la más nueva y la más necesaria de todas.”(2)

FUENTES

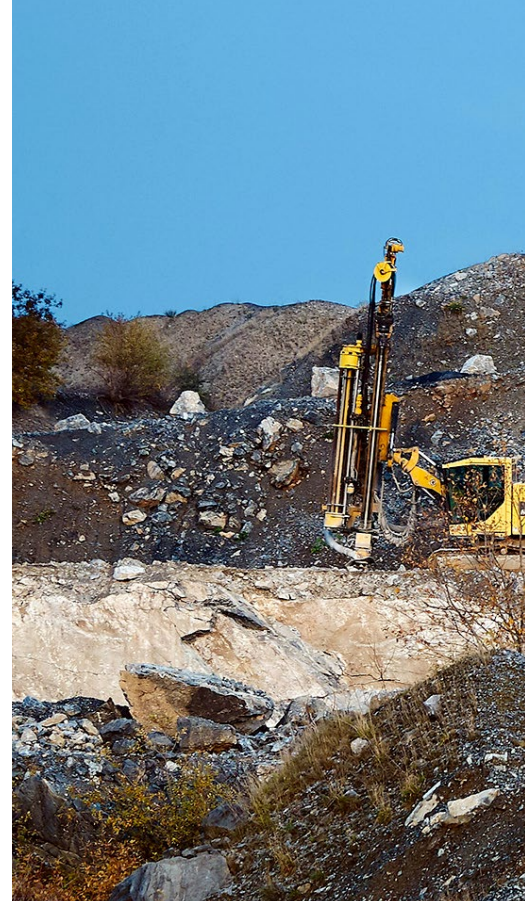
“Producir en la nueva globalización. Hacia dónde va el tren del desarrollo mundial y cómo puede subirse la Argentina”. Matías Kulfas. Siglo XXI Editores; capítulos 5 y 6.

(1) *Escritos Económicos. Doctrinas Económicas, Desarrollo e Independencia*. Marcelo Diamand. H. Garetto Editor.

(2) Diario Clarín, 26/7/26. “Apuntes para una ética pos-tecnológica”, por Carlos Teijeiro.

Investigación
para mejorar
su resistencia

ACERO HADFIELD NITROGENADO PARA LA INDUSTRIA MINERA



Ing. Jorge E. Grau

Ingeniero Metalúrgico (FI-UNLP), Profesional de Apoyo Principal CICPBA-LEMIT y docente-capacitador del curso Fundación de Precisión (CICPBA-LEMIT).



Ing. Ricardo W. Gregorutti

Ingeniero Metalúrgico (FI-UNLP), Investigador Adjunto de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA-LEMIT).



Ing. Mauro D. Rossi

Ingeniero Mecánico (FI-UNLP), Profesional de Apoyo Adjunto CICPBA-LEMIT

Un estudio realizado en el LEMIT analizó el efecto de incorporar nitrógeno al acero Hadfield, utilizado en piezas sometidas a condiciones de alto desgaste en la industria minera. Los resultados mostraron mejoras en la dureza, la resistencia al impacto y al desgaste, con potencial para aumentar el rendimiento y la vida útil de estos componentes

El crecimiento de la actividad minera en los últimos años abre oportunidades para desarrollar y mejorar los materiales utilizados, con el objetivo de optimizar su desempeño y rendimiento en servicio.

La industria minera utiliza aceros de alto desempeño, especialmente aleaciones resistentes al desgaste abrasivo y de alta resistencia para soportar impactos severos, fricción constante y cargas pesadas en la extracción y trituración de minerales. Entre estos materiales, el acero al manganeso, también llamado acero Hadfield, es una aleación muy usada debido a su propiedad de auto endurecimiento por deformación, por lo que es ideal para para martillos y mandíbulas de trituradoras y molinos.

El acero Hadfield y su capacidad de auto endurecimiento

Este acero fue desarrollado





por Sir Robert Hadfield en 1882, motivo por el cual lleva su nombre. Su composición química estándar incluye aproximadamente un 1,2 % de carbono, entre un 11 % y 14 % de manganeso y un 1 % máximo de silicio; y combina alta tenacidad y ductilidad con una alta capacidad de endurecimiento superficial, debido a la transformación de la fase austenita a martensita por deformación plástica manteniendo el núcleo dúctil.

En el LEMIT se realizó un estudio del acero Hadfield, al que se le incorporó nitrógeno, dado que este elemento es un fuerte estabilizador de la austenita, por lo que el endurecimiento por deformación plástica se obtiene sin una pérdida significativa de la tenacidad.

Los estudios se realizaron en mandíbulas para molino fundidas, como lo muestra la Figura 1. Y a los efectos comparativos, se fundieron dos mandíbulas en acero Hadfield, con y sin nitrógeno, tal como se indica en la tabla 1.

Composición química (tabla 1)

	C [%]	Mn [%]	Si [%]	N[%]
Hadfield convencional	1,29	12,65	0,12	-
Hadfield nitrogenado	1,12	13,97	0,14	0,5

Evaluación de las propiedades mecánicas

Se realizaron mediciones de dureza siguiendo el método Brinell para evaluar el efecto del nitrógeno en las propiedades del acero, observándose un incremento de 324 HB a 331 HB con el contenido de nitrógeno. Complementando esta evaluación, se realizaron ensayos de impacto mediante el método Charpy. Los resultados indicaron que la energía absorbida en el acero nitrogenado fue mayor que el Hadfield convencional, registrándose valores de 95 Joules y 84 Joules, respectivamente.

Las mandíbulas se evaluaron con un ensayo de desgaste en condiciones normales de trabajo, el cual consistió en colocarlas en una máquina

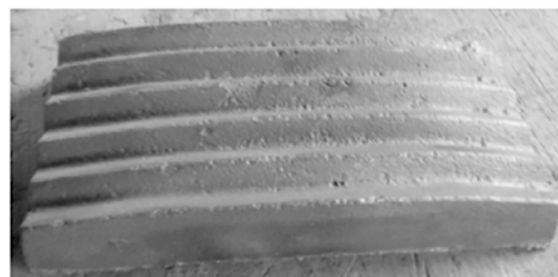


Figura 1. Mandíbula de máquina para molienda

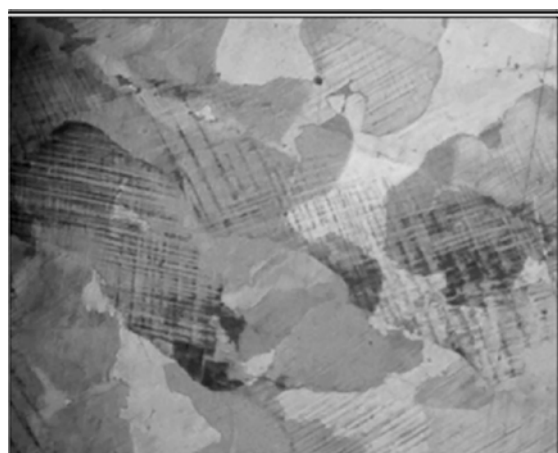


Figura 2. Transformación martensítica de la austenita, generado por deformación plástica



de molienda de probetas de hormigón, durante 30 horas, con una carga aproximada de 5.500 kg. Transcurrido este tiempo de trabajo, se llevó a cabo el pesaje de dichas mandíbulas para determinar los efectos del desgaste, lo que se muestra en la tabla 2.

La pérdida porcentual de peso en la mandíbula confeccionada con el acero Hadfield convencional fue mayor que la del acero nitrogenado, 2,2 % y 1,4 %, respectivamente, lo que demuestra que el nitrógeno aumentó la resistencia al desgaste del acero. Qué sucede dentro del acero Una muestra de lo que ocurre en la estructura del material se muestra en la Figura 2, donde se observa cómo, ante una deformación plástica, la austenita se transforma en martensita. Esa transformación se observa por las bandas paralelas en el interior de los granos de la fase austenita. Una mejora con potencial para la industria minera Mediante los resultados ob-



Pérdida de masa producida por ensayo de desgaste (tabla 2)

	Acero Hadfield convencional	Acero Hadfield nitrogenado
Peso antes del ensayo (g)	5670	6086
Peso después del ensayo (g)	5548	6003
Pérdida de peso (g)	122	83

tenidos en el presente estudio, se puede concluir que existe una mejora en las propiedades mecánicas de los aceros Hadfield con contenido de nitrógeno. Esto queda en evidencia dado que se observa una mayor resistencia al impacto y una mayor dureza, lo que conduce a una mayor resistencia al desgaste, y

consecuentemente, una menor pérdida de masa de este material cuando es sometido a condiciones de desgaste. Estas mejoras de las propiedades del acero Hadfield mediante la incorporación de nitrógeno, podría mejorar el rendimiento o la vida útil en servicio de piezas usadas en la industria minera.

SUPERFICIE IMPECABLE

20 años de experiencia 

Envíos a todo el país 

WWW.GUADAGNOSA.COM



FUNDICIÓN IMPARABLE



Carbón mineral
molido de alta calidad

GUADAGNO

EL CARBÓN QUE TRANSFORMA TUS PIEZAS

DELTA ARENAS

I N D U S T R I A L E S S A

Más de **50 años** abasteciendo a la industria con arenas síliceas y seleccionadas para procesos de fundición

info@deltaarenas.com | www.deltaarenas.com

FUNDARG SRL

EMPRESA FUNDADA EN 1960

FUNDICIÓN ELÉCTRICA DE ACERO - ACEROS ESPECIALES
INOXIDABLES - HADFIELD - FUNDICIÓN NODULAR



PLANTA INDUSTRIAL, ADMINISTRACIÓN Y VENTAS

LEANDRO N. ALEM s/n - Tel. (03571) 471190 - 471091 - 472427 - C.C. 30 - 5854 ALMAFUERTE - CÓRDOBA
fundargdrl@fundarg.com.ar - www.fundarg.com.ar

EL RADIADOR: MÁS DE UN SIGLO DE CALOR FUNDIDO



Está debajo de la ventana, pintado mil veces, y casi nadie le presta atención. Sin embargo, cada elemento de un radiador es una pieza de fundición. Y muchos de los que todavía hoy calientan casas y edificios argentinos llevan setenta, ochenta o incluso cien años funcionando.

Pocos objetos domésticos resumen tan bien el oficio fundidor como el radiador. Detrás de cada elemento hay un modelo, un molde de arena, un macho que forma los conductos internos y una colada de hierro que debe llenar paredes relativamente finas sin defectos. Cuando un radiador de hierro fundido sigue funcionando después de décadas, lo que funciona también es una fundición bien hecha.

Un invento del siglo XIX

El radiador de calefacción nació a

mediados del siglo XIX. Entre 1855 y 1857, Franz San Galli desarrolló en San Petersburgo uno de los primeros modelos. Poco después aparecieron los radiadores de hierro fundido que conocemos hoy y, en 1872, Nelson Bundy patentó su célebre “Bundy Loop”, basado en tubos en forma de lazo que aumentaban la superficie de intercambio.

La industria creció rápidamente. En 1892 se fundó la American Radiator Company y, pocos años después, nuevas máquinas de moldeo permitieron multiplicar la producción. El radiador dejó de ser un objeto de lujo y pasó a fabricarse en serie.

Cómo se funde un elemento

El radiador de hierro no se funde de una sola pieza: se fabrica por elementos que luego se ensamblan. El proceso clásico utiliza mol-

des de arena. El modelo reproduce la forma exterior y el macho o noyo ocupa el espacio de los conductos internos por donde circulará el agua. Después llega la colada de fundición gris, cuya buena colabilidad permite llenar la pieza y reproducir incluso los relieves decorativos de los modelos antiguos. Una vez terminados, los elementos se unen mediante niples roscados y la batería se prueba a presión. La lógica modular tiene además una ventaja práctica que todavía se conserva: se pueden agregar o quitar elementos según la potencia que necesite cada ambiente.

¿Por qué tiene esa forma?

Las columnas no son solamente una cuestión estética. Su diseño aumenta la superficie de contacto y permite que el aire frío ingrese por abajo, se caliente al pasar entre ellas y ascienda. Los relieves y motivos florales de muchos radia-

**En todo
lo que ves
hay fundición:**



dores antiguos, en cambio, eran también una demostración de lo que un buen molde de arena podía reproducir.

¿Por qué siguen funcionando?

El hierro fundido tiene buena resistencia a la corrosión y los modelos antiguos tenían paredes generosas. Además, los circuitos cerrados de calefacción incorporan poco oxígeno nuevo y el radiador no tiene partes móviles. Su masa también le da una importante inercia térmica: tarda en calentarse, pero conserva el calor durante más tiempo.

Del hierro al aluminio

La gran transformación argentina llegó con el aluminio. En 1979, el ingeniero Mario Kaufman fundó PEISA, que comenzó importando radiadores de Italia. En 1982 desarrolló el primer radiador de alumi-

nio inyectado fabricado íntegramente en el país.

El cambio de material también modificó el proceso: del moldeo en arena se pasó a la fundición a presión, con piezas más livianas, precisas y de respuesta térmica más rápida. El radiador de aluminio se convirtió así en un producto habitual de la calefacción argentina.

El radiador en la Argentina: TAMET

Pero los radiadores de hierro fundido siguen formando parte del paisaje de Buenos Aires y de otras ciudades. Muchos todavía conservan, fundida en el propio elemento, la marca de quien los fabricó. Una de ellas es TAMET, Talleres Metalúrgicos San Martín.

Fundada en 1902, TAMET llegó a convertirse en uno de los grandes grupos metalúrgicos del país. Sus plantas, ubicadas junto al Riachuelo y en Avellaneda, llegaron a

emplear a miles de trabajadores y produjeron desde caños de hierro fundido y estructuras metálicas hasta piezas para ferrocarriles y astilleros, artículos sanitarios y radiadores.

Todavía hoy pueden encontrarse radiadores TAMET en casas y edificios antiguos. Muchos fueron pintados una y otra vez, pero debajo de esas capas permanece intacta la pieza original, lista para seguir cumpliendo su función.

Para mirar distinto

La próxima vez que apoye la mano en un radiador, piense en todo lo que hay detrás: un modelista, un moldeador, un macho de arena bien asentado, una colada a más de 1.300 °C y una prueba de presión. Todo eso está ahí, debajo de la ventana, calentando una casa desde hace décadas.

Porque en todo lo que ves hay fundición.

Comisión
de Energía

INFORMACIÓN, ARTICULACIÓN Y OPORTUNIDADES PARA LA INDUSTRIA METALÚRGICA

Las inversiones en energía nacional abren un mercado estratégico para la industria metalúrgica. Desde la Comisión de Energía de ADIMRA se trabaja para anticipar proyectos, identificar oportunidades de demanda y conectar a los proveedores nacionales con operadoras, contratistas y grandes empresas. Durante 2026, la agenda incluyó encuentros con actores como TGS, SACDE y Pampa Energía, el seguimiento de proyectos del RIGI y nuevas herramientas para visibilizar las capacidades de la industria argentina



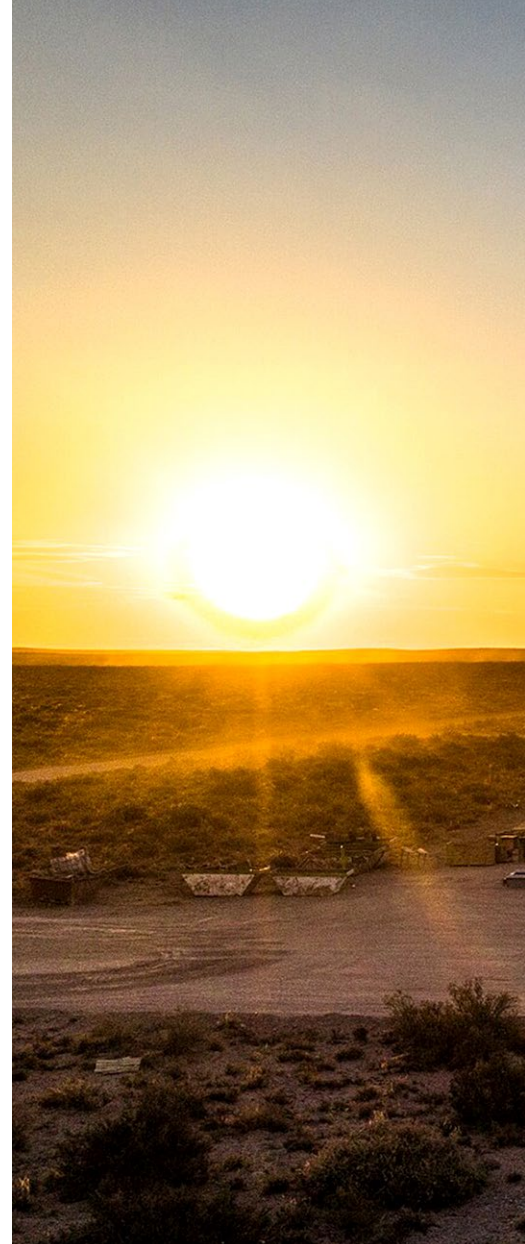
Durante 2026, la Comisión de Energía de ADIMRA combinó seguimiento sectorial, herramientas de inteligencia, articulación institucional y vinculación con grandes proyectos para fortalecer la participación de la industria nacional en la cadena energética.

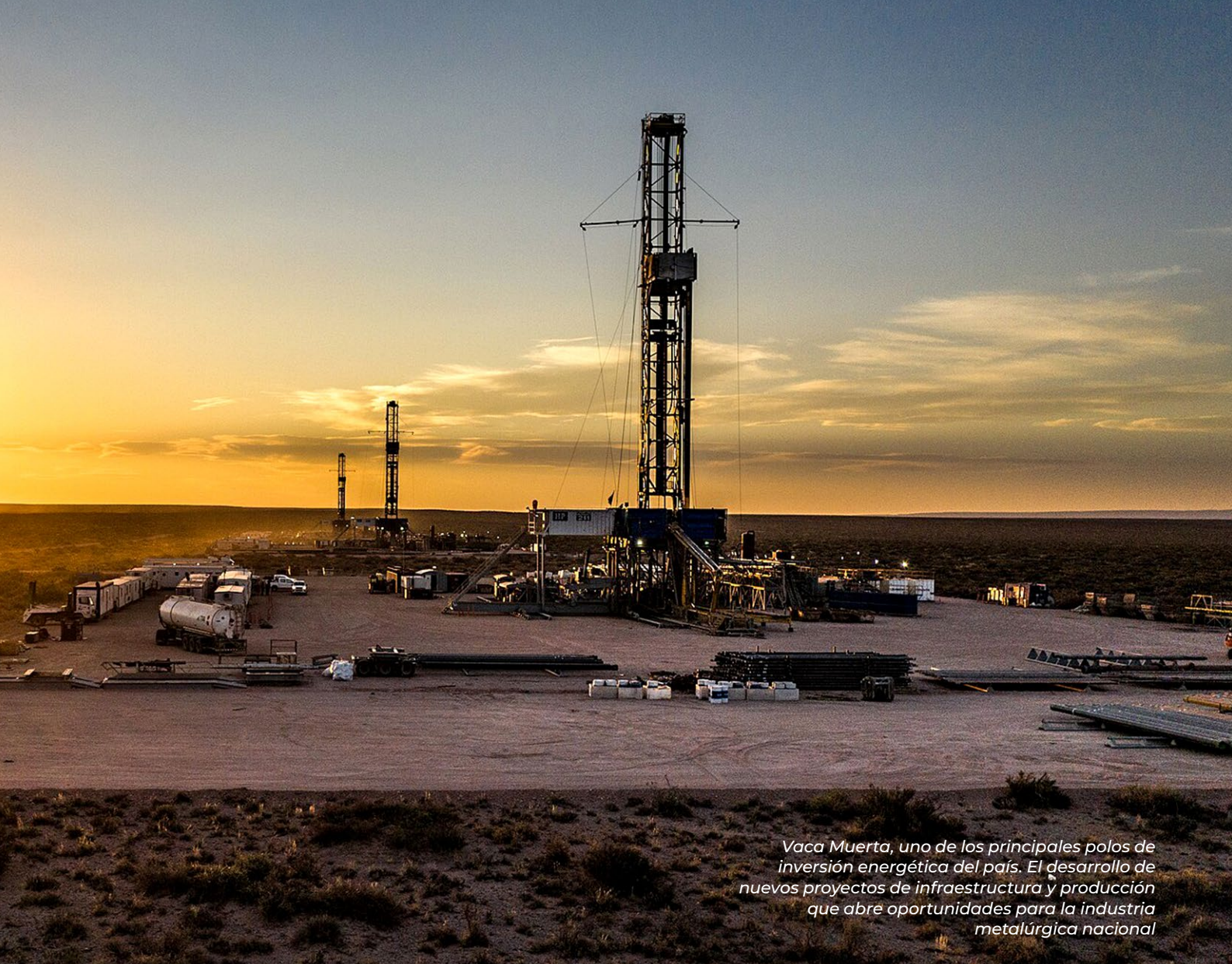
Las Comisiones de Trabajo de ADIMRA constituyen espacios de participación, análisis y acción en los que las empresas abordan agendas específicas de la industria metalúrgica, intercambian experiencias y contribuyen a la definición de políticas sectoriales. Su trabajo recorre temas vinculados con la producción y la competitividad industrial, el comercio exte-

rior, las relaciones laborales, la formación y la tecnología, el desarrollo federal, los bienes de capital, la industria automotriz y las cadenas de valor asociadas a la energía y la minería, entre otros ejes estratégicos para el sector.

La Comisión de Energía es un espacio que aborda la agenda energética nacional desde la mirada de la industria metalúrgica y busca traducirla en información, propuestas y acciones concretas para las empresas.

La energía ocupa hoy un lugar central en la agenda productiva argentina. El desarrollo de Vaca Muerta, la ampliación de la infraestructura de transporte y procesamiento, las inversiones en generación y los nuevos





Vaca Muerta, uno de los principales polos de inversión energética del país. El desarrollo de nuevos proyectos de infraestructura y producción que abre oportunidades para la industria metalúrgica nacional

proyectos de exportación abren oportunidades para una industria metalúrgica que puede aportar equipos, componentes, ingeniería, mantenimiento y servicios. Desde ADIMRA entendemos que esas oportunidades no se traducen automáticamente en participación industrial. Para integrarse a un proyecto, una empresa necesita saber qué inversiones están en marcha, cuándo se tomarán las decisiones de compra, qué requisitos deberá cumplir y quiénes son los interlocutores adecuados. También necesita un ámbito donde analizar la coyuntura, compartir experiencias y plantear problemas comunes. Sobre esa base, la Comisión

desarrolla una agenda que combina seguimiento sectorial, generación de información, articulación institucional y vinculación con los principales actores y proyectos de la cadena energética.

Llegar antes a los proyectos

Uno de los ejes que atravesó el trabajo del año fue la anticipación. En los grandes proyectos, la oportunidad para un proveedor muchas veces aparece antes de que se publique una licitación o se anuncie la inversión. Es en las etapas de diseño y planificación cuando comienzan a definirse especificaciones, estándares, condiciones de homologación y posibles proveedores. Si una empre-

“

Estamos avanzando en herramientas de mapeo y catálogos de proveedores que permitan ordenar la oferta metalúrgica según capacidades, productos, servicios, certificaciones y experiencia.

”

sa conoce el proyecto cuando el pliego ya está cerrado, buena parte de esas decisiones fueron tomadas.

Por eso impulsamos encuentros directos con operadoras, contratistas y empresas que traccionan la demanda. A lo largo del año se desarrollaron instancias de vinculación con compañías y proyectos como TGS, SACDE, Minera Santa Cruz, Don Nicolás y la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP), entre otras. En agosto la agenda sumó además un encuentro con Pampa Energía.

El caso de TGS muestra con claridad el objetivo. La compañía presentó sus principales proyectos de infraestructura en Vaca Muerta,

entre ellos la ampliación del Gasoducto Perito Moreno y un proyecto de procesamiento de gas de gran escala. Más de cien proveedores participaron de la actividad, que permitió conocer inversiones, plazos, políticas de compra y requerimientos previstos, y discutir qué capacidades debe fortalecer la oferta local.

En otras reuniones se trabajó sobre proyectos productivos, necesidades de abastecimiento, certificaciones y requerimientos técnicos. La agenda vinculada a la reactivación de PIAP permitió analizar una instalación estratégica en Neuquén y las capacidades industriales que podrían participar de su puesta en funcionamiento, nuevamente.

Información para decidir

La Comisión no se limita a organizar encuentros. Una parte central del trabajo es generar herramientas que ayuden a las empresas a entender qué ocurre en el sector y dónde pueden aparecer las próximas oportunidades.

Durante 2026 avanzamos en el seguimiento de grandes inversiones y proyectos comprendidos en el Régimen de Incentivo para Grandes Inversiones (RIGI). El mapa de proyectos permite ordenar información sobre localización, montos, estado de avance y características de cada iniciativa. Para prepararse para una inversión, primero hay que saber que existe, en qué etapa se encuentra y qué demanda puede generar.

A esto se suma el tablero energético de ADIMRA, pensado para seguir la evolución de la actividad hidrocarburi-



Presentación de los principales proyectos de TGS en la cadena de petróleo y gas, en el auditorio de ADIMRA, con la participación de su directora de operaciones, Claudia Trichilo



Presentación de los principales proyectos de Pampa Energía en la cadena de petróleo y gas, en el auditorio de ADIMRA, con la participación del equipo de E&P y su director, Arturo Santangelo

“
La Comisión desarrolla una agenda que combina seguimiento sectorial, generación de información, articulación institucional y vinculación con los principales actores y proyectos de la cadena energética.

”

fera. Además de producción y precios, venimos trabajando para incorporar indicadores anteriores a la producción –exploración, perforación y fractura– que permitan leer con mayor anticipación la dinámica futura del sector y la demanda potencial de bienes y servicios.

Las reuniones funcionan también como un espacio de actualización y análisis de la coyuntura energética. A lo largo del año contamos con presentaciones especializadas de la consultora Paspertú, a cargo de Juan José Carbajales, que permiten seguir y discutir los principales cambios regulatorios, económicos y productivos del sector desde la perspectiva de las empresas metalúrgicas.

Entre otros temas, se analizaron periódicamente la evolu-

ción del RIGI y los proyectos aprobados y en evaluación, las inversiones en infraestructura de petróleo y gas, el abastecimiento y transporte de gas natural, los cambios regulatorios y tarifarios y la evolución del balance energético. Estos encuentros buscan no sólo acercar información actualizada, sino también generar un ámbito para interpretar cómo esas transformaciones pueden impactar sobre la industria y dónde pueden abrirse nuevas oportunidades.

Hacer visible la oferta nacional

Otro desafío es que las capacidades existentes sean fáciles de identificar. Muchas empresas argentinas cuentan con experiencia, tecnología y productos capaces de insertarse en la cadena



Presentación de los principales proyectos de Tecpetrol en la cadena de petróleo y gas, en el auditorio de ADIMRA, con la participación de su CEO, Ricardo Markous

energética, pero no siempre son visibles para quien diseña un proyecto o gestiona una compra.

Por eso estamos avanzando en herramientas de mapeo y catálogos de proveedores que permitan ordenar la oferta metalúrgica según capacidades, productos, servicios, certificaciones y experiencia. El objetivo es facilitar la búsqueda de proveedores nacionales y detectar brechas que puedan requerir certificaciones, inversiones o desarrollo de nuevas capacidades.

En esa misma línea se comenzó a trabajar en una marca sectorial para presentar de manera conjunta las capacidades argentinas vinculadas con energía, petróleo, gas y minería, fortaleciendo su visibilidad frente a grandes proyectos locales y

mercados internacionales.

La internacionalización también forma parte de la agenda. Durante el año se compartieron resultados de misiones y ferias, se analizaron oportunidades en distintos mercados y se trabajó en la vinculación de proveedores argentinos con actores de la cadena de petróleo y gas de Brasil. En ese marco, la próxima edición de Rio Oil & Gas, en Río de Janeiro, aparece como una oportunidad para acercar las capacidades de la industria metalúrgica nacional a empresas y referentes de uno de los principales mercados energéticos de la región.

Prepararse para competir

Para entrar en grandes proyectos, la oferta local tiene que responder a exigencias

de calidad y trazabilidad, documentación, ensayos y certificaciones; demostrar capacidad y escala; presentar claramente sus capacidades y, fundamentalmente, llegar a tiempo.

La demanda metalmeccánica aparece en todo el ciclo de un proyecto: diseño, compra, fabricación, montaje, operación y mantenimiento. Allí intervienen estructuras, piping, tanques, recipientes, válvulas, bombas, mecanizados, tableros, repuestos y servicios especializados. Las fundiciones forman parte de ese entramado como proveedoras directas o como eslabones de cadenas industriales de mayor complejidad.

Desde ADIMRA buscamos que la Comisión de Energía sea un espacio donde la agenda sectorial pueda transformarse en conocimiento y acción para la industria: entender los cambios, anticipar proyectos, acercar capacidades, construir propuestas y generar vínculos que amplíen las posibilidades de participación de las empresas nacionales. El desafío no es solamente que crezca la producción energética argentina. Es lograr que ese crecimiento se conecte con una industria preparada para aportar tecnología, trabajo y valor agregado. Invitamos a las empresas a participar de la Comisión, acercar sus capacidades y necesidades y utilizar las herramientas disponibles. Cuanto mejor conozcamos nuestra oferta y cuanto antes podamos vincularla con la demanda, mayores serán las posibilidades de convertir las inversiones energéticas en desarrollo productivo, tecnológico y federal.

“

A lo largo del año se desarrollaron instancias de vinculación con compañías y proyectos como TGS, SACDE, Minera Santa Cruz, Don Nicolás y la Planta Industrial de Agua Pesada (PIAP) y Pampa Energía, entre otras.

”

Investigación
aplicada a
materiales

HIERRO CON GRAFITO: LA INOCULACIÓN Y EL GRANO AUSTENÍTICO PRIMARIO

¿Qué influencia tiene la inoculación en fundiciones de hierro con grafito sobre el tamaño de grano austenítico primario? Esta investigación desarrollada en el Área Metalurgia del INTEMA analiza cómo el proceso de inoculación puede influir en el tamaño de grano austenítico primario de las fundiciones de hierro con grafito. Los resultados obtenidos muestran el potencial del titanio como refinador microestructural y abren nuevas perspectivas para optimizar las propiedades mecánicas de estos materiales



**Ing. Marcos
G. López**

Ing. Electro-mecánico y Dr. en Ciencia de Materiales (UNMdP), Profesor adjunto exclusivo de la FI-UNMdP e investigador del INTEMA



**Ing. Juan
Miguel
Massone**

Ing. Mecánico y Dr. en Ciencia de Materiales (UNMdP), Profesor titular exclusivo de la FI-UNMdP e Investigador Principal del CONICET en el INTEMA



**Ing. Diego
Omar
Fernandino**

Ing. Electro-mecánico y Dr. en Ciencia de Materiales (UNMdP), Profesor adjunto exclusivo de la FI-UNMdP, Investigador Adjunto del CONICET y coordinador del Área Metalurgia del INTEMA



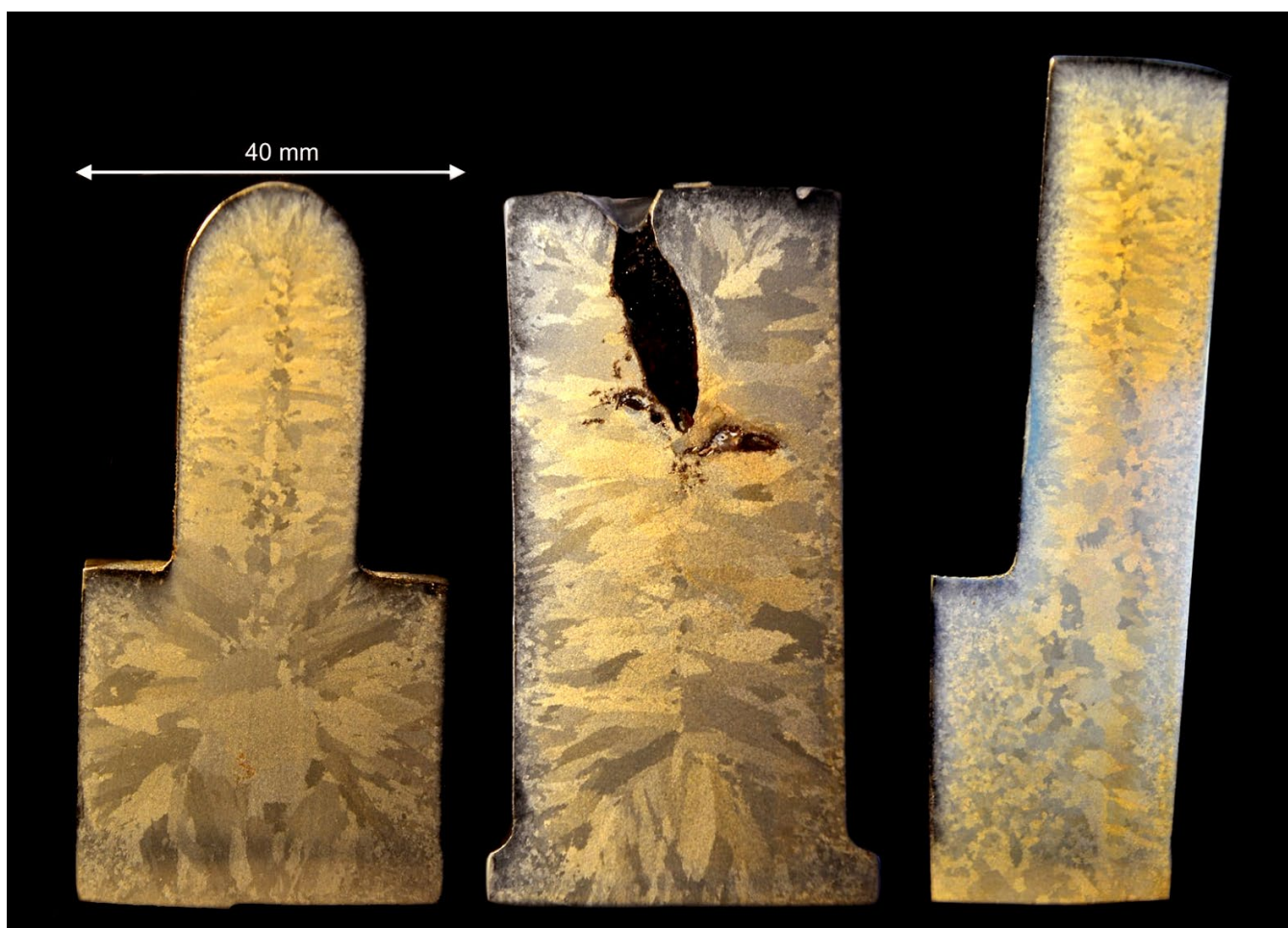
Luca Ciliselli

Estudiante avanzado de Ing. Mecánica (UNMdP), actualmente desarrollando su proyecto final de grado en el Área Metalurgia del INTEMA

El trabajo presentado en esta nota se desarrolla en el área Metalurgia del Intema (AMI) y tiene por objetivo mejorar las propiedades mecánicas de las fundiciones de hierro a partir del manejo del proceso de inoculación.

La inoculación: una práctica clave en la fundición de hierro

En las fundiciones de hierro con grafito –ya sea este en forma laminar, vermicular o esferoidal– la inoculación constituye una práctica metalúrgica esencial para el control de la solidificación. Su aplicación tiene como objetivo principal modificar la nucleación y el crecimiento del grafito, favoreciendo una distribución más homogénea, aumentando la



cantidad de sitios de nucleación activos y reduciendo la tendencia a la formación de carburos. Desde el punto de vista industrial, se trata de una herramienta clave para garantizar estabilidad microestructural y propiedades mecánicas reproducibles.

Sin embargo, una cuestión menos explorada es si esa misma práctica puede influir también en la formación y tamaño del grano de austenita primaria (TGA). Este aspecto resulta particularmente relevante si se considera que el tamaño de grano austenítico condiciona, en gran medida, la respuesta del material frente a transformaciones en estado sólido y tratamientos térmicos posteriores. Por otro lado, es bien conocido que el refinamiento de la estructura de solidificación en las aleaciones metálicas ge-

neralmente promueve mejores propiedades mecánicas. El motivo principal que explica la falta de caracterización del TGA en las fundiciones de hierro con grafito es la imposibilidad de observar los granos primarios a temperatura ambiente mediante técnicas convencionales, ya que la transformación en estado sólido posterior borra la estructura propia de la solidificación.

Cómo evaluar el tamaño de grano austenítico primario

En este trabajo se analiza la inoculación como medio para refinar el TGA, buscando inoculantes específicos para tal fin. Con este propósito se hace uso de una técnica de inoculación *in-mold* para evaluar diferentes inoculantes, mientras que la visualiza-

ción del TGA se hace posible mediante la aplicación de un tratamiento térmico especial que preserva parte de la austenita de solidificación a temperatura ambiente.

Para el estudio se empleó FeSi para efectuar una inoculación en cuchara convencional, y posteriormente se efectuó una post-inoculación *in-mold* empleando una cámara de inoculación como la que se muestra en la Figura 1, en la cual se colocaron los post-inoculantes que se analizaron para este trabajo. Los inoculantes empleados fueron: Titanio (Ti), Carburo de Silicio (SiC) y Hierro puro (Fe) en polvo, colocados en proporciones de 0,07%, 0,2% y 0,15% respectivamente en un primer conjunto de muestras, y de 0,2%, 0,3% y 0,5% respectivamente en un segundo lote. De acuerdo

a la bibliografía [1] [2], estos inoculantes, empleados en las cantidades mencionadas, son conocidos por su efecto refinador sobre la austenita primaria.

Diseño experimental e inoculación *in-mold*

Tal como se observa en la Figura 1, el molde cuenta con dos cámaras de inoculación y dos canales que alimentan dos piezas cilíndricas en forma simultánea a partir de un mismo metal líquido. Al colocar dos de estos moldes en paralelo, y usando un basín de doble bajada, se hace posible evaluar en simultáneo el efecto de cuatro condiciones de inoculación diferentes sobre un mismo metal líquido colado a la misma temperatura. De esta manera, las diferencias observadas en la macroestructura de solidificación pueden atribuirse principalmente al efecto del inoculante empleado. En estos ensayos fue posible armar dos conjuntos de moldes en paralelo. De esta manera, se obtuvieron dos tandas de cuatro muestras en igualdad de condiciones de colada, teniendo en cada grupo un inoculante por cámara y dejando otra vacía como referencia.

Para el desarrollo de las cámaras de inoculación, se utilizó el *software* MagmaSoft® que permitió, por medio de la simulación del flujo de metal, evaluar la eficiencia de distintos diseños de cámaras y probar el diseño que asegura la mejor incorporación del inoculante.

La técnica DAAS permite observar la austenita primaria

Al aplicar la técnica denominada Direct Austempering After Solidification (DAAS)



Figura 1. Molde empleado para las coladas experimentales con postinoculación *in-mold*. En amarillo se indican las cámaras de inoculación en la cavidad de moldeo

sobre las muestras coladas, la cual fue desarrollada en el AMI [3], se logró retener parte de la austenita primaria para hacer posible su visualización a temperatura ambiente. Los resultados de la inspección de las macroestructuras de solidificación así obtenidas indican que el titanio, añadido tanto en proporciones de 0,07 % como de 0,2 %, en forma de virutas de aproximadamente 3 mm, presenta un potente efecto refinador del TGA en las fundiciones de hierro con grafito laminar. La Figura 2 presenta la macroestructura de una pieza post-inoculada con titanio (0,07 %), en conjunto con una del mismo lote sin post inoculación *in-mold*.

Perspectivas para la industria y líneas de investigación

Ahora bien, la pregunta es: ¿qué implicancias prácticas de interés para el productor de piezas de fundiciones de hierro pueden tener estos conocimientos?

Si la inoculación con titanio promueve un refinamiento del tamaño de grano austenítico primario, sin producir un efecto degenerativo sobre el grafito, el fundidor

dispone potencialmente de una herramienta adicional para intervenir sobre la escala microestructural desde la etapa de solidificación. Esto abre la posibilidad de evaluar cómo tales modificaciones pueden impactar posteriormente en las propiedades mecánicas y en la respuesta frente a tratamientos térmicos.

En aquellos casos en los que el fundidor lleve adelante tratamientos térmicos, el conocimiento de la influencia del TGA sobre la microestructura y propiedades resultantes es fundamental para garantizar el resultado de un dado tratamiento térmico, y satisfacer requisitos de microestructura y propiedades mecánicas.

Quedan, sin embargo, aspectos que no han sido aún resueltos y son motivo de investigación en este momento. Por ejemplo, se debe determinar, mediante una mayor cantidad de ensayos sobre material colado en diferentes condiciones y otras composiciones químicas (CQ), cuál es la ventana de trabajo para el titanio como refinador eficaz de las fundiciones de hierro con grafito, sin producir efectos adver-

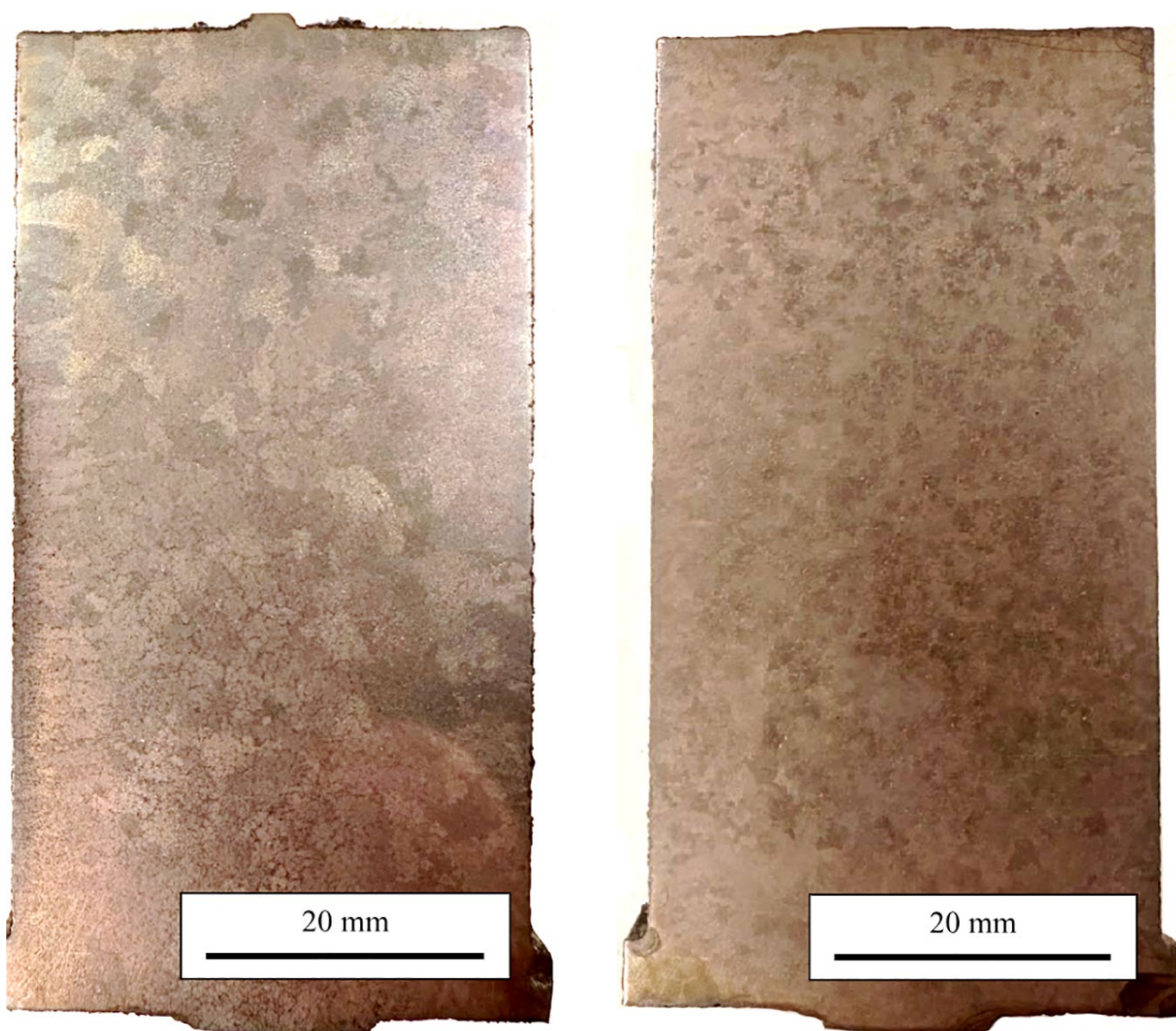


Figura 2. Macroestructura de solidificación de pieza sin post-inoculación (izquierda), y con post-inoculación con Ti (derecha)

tos como degeneración de grafito.

Por otro lado, en estudios subsecuentes será necesario identificar cuál es la influencia del TGA sobre las propiedades mecánicas obtenidas en piezas inoculadas. Si los conceptos conocidos para aceros se reprodujeran en las fundiciones de hierro con

grafito, podríamos esperar que un menor TGA conduzca a mejores propiedades en todos los casos, entendiendo por mejores propiedades a una mejora en la relación tenacidad vs. resistencia a la rotura. Así, por ejemplo, un fundidor podría realizar un determinado tratamiento de inoculación a sus pie-

zas de fundiciones de hierro con grafito, esperando obtener unas mejores propiedades del producto final sin la necesidad de efectuar un tratamiento térmico. Sin embargo, deberá comprender los alcances, limitaciones y efectos secundarios que se producirán en ese proceso de refinación del TGA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Maity, S.K., Ballal, N.B. & Kawalla, R. (2006). Steel inoculation with Titanium. *ISIJ International*, Vol. 46 (2006), No. 9, pp. 1361–1370.
2. Liu, K. Z. (2005). *Modification of Primary Austenite in Grey Cast Iron*. Jönköping University – School of Engineering, Jönköping, Sweden.
3. Lopez, M. G., Massone, J., Boeri, R. E. (2020). *An Integrated Approach for the Characterization of the Solidification Structure of Free Graphite Cast Irons*. © Carl Hanser Verlag, München Pract. Metallogr. 57 (2020).

LA INDUSTRIA EN NÚMEROS: INFORME ANUAL

Este informe de proyección anual grafica el estado de situación estructural del sector, la proyección para este 2026 y un balance de esos resultados, y fue elaborado gracias al aporte de datos y relevamientos de los socios de CIFRA. El análisis, presentado en gráficos y conclusiones, permite entender las tendencias y desafíos de nuestra industria para compartirlos con autoridades gubernamentales, instituciones vinculadas al sector y con la sociedad en general.

Este informe fue publicado en los siguientes medios:

infobae ámbito Página 12 C5N TN PERFIL El Cronista laTecla crónica

PROYECCIÓN 2026

Expectativas de actividad y demanda

Las perspectivas empresariales para este año reflejaron un predominio de una visión cautelosa. El 45% de las empresas manifestó expectativas algo negativas y un 15%, muy negativas, lo que eleva al 60% la proporción de respuestas con una percepción desfavorable. En contraste, el 38% mantuvo una posición neutral y solo el 2% expresó expectativas algo positivas, sin registrarse respuestas que anticiparan un escenario muy favorable. Este resultado evidencia que, pese a algunos indicadores de estabilidad, el sector continúa proyectando un contexto de incertidumbre y escasas señales de recuperación sostenida.

Empleo a la baja

Las perspectivas de empleo reflejaron un escenario de ajuste en el mercado laboral del sector. El 68,6% de las empresas previó una reducción de su dotación de personal, de las cuales el 58,3% estimó una disminución leve y el 10,4% una caída sustancial. El 31,4%



@cifrafundidores | fundidores.org.ar

consideró que el nivel de empleo permanecería sin cambios, mientras que no se registraron empresas con proyección a incrementar su plantilla. Estos resultados evidencian que la persistente debilidad de la actividad continúa condicionando las decisiones de contratación y consolidan una expectativa de reducción del empleo para el próximo año.

Exportaciones

Las expectativas de exportación para 2026 presentaron un comportamiento heterogéneo entre las empresas del sector. El 27,5% previó un incremento leve de sus exportaciones, mientras que el 28,3% anticipó una reducción (23,9% sustancial y 4,4% leve). El 16,9% expresó que sus niveles de importación permanecerían sin cambios y el 27,3% indicó que no realiza operaciones de comercio exterior. Este escenario refleja que las perspectivas para los mercados externos continúan siendo moderadas y sin una tendencia definida de recuperación.

Inversiones

Las expectativas de inversión continúan reflejando un escenario de prudencia. El 51,5% de las empresas previó mantener sin cambios sus niveles de inversión, mientras que el 26% proyectó incrementos leves. El 22,5% anticipó una reducción de las inversiones, de las cuales el 14,5% correspondería a una disminución sustancial y el 8% a una baja leve. Estos resultados muestran que, si bien una parte del sector evalúa realizar nuevas inversiones, predomina una estrategia orientada a preservar los niveles actuales de capital y postergar decisiones de mayor magnitud.

Rentabilidad

El 76% de las empresas previó una disminución en sus niveles de rentabilidad, de las cuales el 51% estimó una caída leve y el 25% una reducción sustancial. En contraste, el 22% consideró que su rentabilidad permanecería sin cambios y apenas el 3% esperó una leve mejora. La elevada proporción de respuestas que anticiparon una disminución de la rentabilidad evidencia que persisten factores que continúan limitando la capacidad de generación de resultados económicos del sector.

Producción por mercados

En 2025, la producción de fundidos mantuvo una elevada concentración en un reducido número de mercados. La industria automotriz y de vehículos comerciales concentró el 39,5% del destino de la producción, seguida por maquinaria agrícola (20,3%) y la industria siderúrgica (17,1%), que en conjunto representaron

PRIORIDADES DE LOS SOCIOS DE LA CÁMARA DE FUNDIDORES



MAYOR % = TEMA MÁS PRIORITARIO



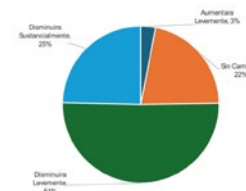
Cómo leer el gráfico:
el porcentaje indica el peso de la prioridad que tiene el tema en relación a otros temas.

RENTABILIDAD



DE ACUERDO A LA EXPECTATIVA Y PROYECCION DEL AÑO 2026

¿Cómo espera que evolucione el nivel de rentabilidad de su empresa?

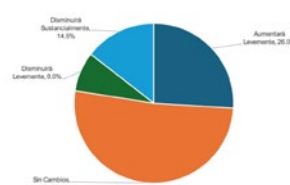


INVERSIÓN



DE ACUERDO A LA EXPECTATIVA Y PROYECCION DEL AÑO 2026

¿Cómo espera que evolucione el nivel de inversión de su empresa?

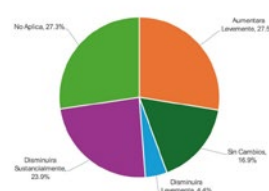


EXPORTACIÓN



DE ACUERDO A LA EXPECTATIVA Y PROYECCION DEL AÑO 2026

¿Cómo espera que evolucione el nivel de exportación de su empresa?

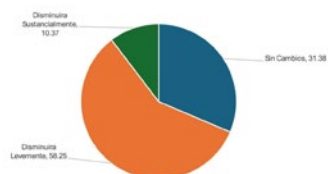


EMPLEO



DE ACUERDO A LA EXPECTATIVA Y PROYECCION DEL AÑO 2026

¿Cómo espera que evolucione el nivel de empleo de su empresa?

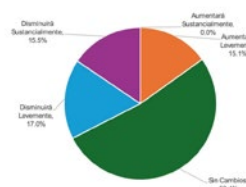


RESULTADOS



EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

¿Cómo espera que evolucione el nivel de producción para su empresa para el año 2026?

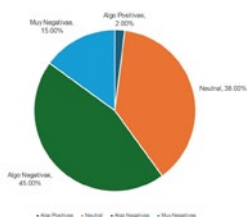


RESULTADOS



PERSPECTIVA DE LAS EMPRESAS PARA EL AÑO 2025

¿Qué perspectivas tiene su empresa para el año 2025?

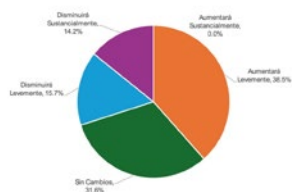


RESULTADOS



EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA

¿Cómo espera que evolucione el nivel de demanda para su empresa para el año 2026?



cerca del 77% del total. En un segundo nivel de participación se ubicaron petróleo y gas (7,5%) e industria minera (4,7%), mientras que el resto de los segmentos registró participaciones individuales inferiores al 4%.

Temas prioritarios

Las principales preocupaciones de las empresas fundidoras continúan concentrándose en factores que afectan la competitividad y la estructura de costos del sector. La competencia externa se posiciona como la principal prioridad, con una ponderación del 17%, seguida por la presión fiscal y el costo de las materias primas, ambos con el 13%. También adquieren una importancia significativa las dificultades de acceso al crédito y las tasas de interés (12%), junto con el costo y la disponibilidad de la energía (12%).

En un segundo nivel de prioridades se ubican las regulaciones ambientales (9%), la escasez de mano de obra calificada (8%) y la necesidad de impulsar las exportaciones (6%), mientras que el abastecimiento de materias primas (6%) y la capacitación del personal (5%) completan el conjunto de desafíos identificados por las empresas. En su conjunto, estos resultados reflejan que las principales demandas del sector continúan vinculadas al fortalecimiento de la competitividad, la mejora del acceso al financiamiento y la reducción de los costos estructurales.

Tipos de materiales

La producción de fundiciones ferrosas mantiene una marcada concentración en la fundición nodular, que representa el 54,1% del total producido y consolida su posición como el principal tipo de fundición del sector. En segundo lugar se ubica la fundición gris, con una participación del 25,2%, seguida por la fundición de acero (14,9%), mientras que las restantes tipologías presentan una incidencia significativamente menor: fundición maleable (3,4%), acero inoxidable (2,2%) y fundición blanca (0,2%).

Oportunidades hacia el futuro

A pesar del complejo escenario que atraviesa la industria de la fundición, el sector mantiene un importante potencial de crecimiento. Con un nivel de utilización de la capacidad instalada del 42%, existe un amplio margen para incrementar la producción sin requerir inversiones significativas en ampliación de capacidad. Este potencial podría aprovecharse mediante una mayor integración de proveedores nacionales en cadenas de valor estratégicas, como la automotriz, la maquinaria agrícola, petróleo y gas, minería, energía e infraestructura.

LA FUNDICIÓN EN LA AGENDA PÚBLICA

Este es el resumen de las últimas repercusiones de prensa sobre CIFRA y la industria de la fundición: noticias, entrevistas y análisis que reflejan el impacto y la evolución del sector. Entrevistas a Pablo Gaspari y Martín Bernocco

Seguí las novedades en los principales medios del país y desde nuestras redes sociales @cifrafundidores



Veinte meses de caída de la actividad

Pablo Gaspari describió a la fundición como “el primer eslabón de las cadenas de valor metal-mecánica”.

“Hace 20 meses que cae la actividad”.

La fundición frente a las importaciones

“Hay clientes que fabrican piezas para todos los rubros de toda la cadena de la metalmecánica. Esto indica un grado de industrialización, tiene impacto en empleos indirectos. Por cada empleo directo hay siete en la cadena de valor”.

“La industria de la fundición no tiene la posibilidad de importar algo y complementar la cadena o la oferta”.

“En este momento nuestros clientes y los clientes de nuestros clientes están importando gran parte de su producción”.

“O fabricamos o morimos”.

“No hacés mantenimiento, después no revisas lo que tenés que

renovar. Empezás a tener problemas de producción, de calidad, de abastecimiento. Entonces, tu facturación se achica y tenés problemas. [...] Es la espiral de la muerte”.

Un eslabón estratégico para el desarrollo industrial

“En todo lo que ves hay fundición. Después viene el mecanizado, la ingeniería y el ensamblado, pero el cuerpo de ese producto nace en una fundición”.

“En 1980 Argentina producía alrededor de 12 kilos fundidos por habitante, prácticamente la media mundial. Hoy ese valor ronda apenas 1,5 kilos, a contracara de países desarrollados como EE.UU, Alemania, Japón, Francia o China”.

“Cuando a la fundición le iba bien, seis meses después la economía despegaba; cuando le empezaba a ir mal, seis meses más tarde aparecían los titulares sobre la caída de la actividad”.

“Los récords de la actividad en petróleo, gas y minería conviven

con los datos de caída de la actividad metalúrgica”.

Preservar las capacidades productivas

“La industria cuando se cierra, se cierra. El dueño de una fundición que cerró no vuelve a abrir mañana si mejoran las condiciones. Tienen que pasar 15 años de política industrial para que alguien pueda volver a hacerlo”.

“Para desarrollar una economía industrial hay que cuidar primero lo que tenés, que ya está herido. Acá hay cadena de valor, experiencia, proveedores y universidades que tienen carreras destinadas a estas actividades. Si eso se va, después, ¿de qué vamos a vivir? Al país le va a sobrar la mitad de la gente”.

“Estamos trabajando aproximadamente al 40% de la capacidad instalada, pero la capacidad instalada actual debe representar cerca del 70% de la que teníamos hasta 2023. En valores absolutos estamos alrededor del 30% de lo que era aquel nivel de referencia”.

infobae

ARGENTINA
PRODUCE

crónica



MUNDO GREMIAL

ámbito



Página 12





CIFRA

CÁMARA DE INDUSTRIALES
FUNDIDORES DE LA
REPÚBLICA ARGENTINA

EL FUNDIDOR

📞 +54 9 11 2625 4544

☎ +54 9 11 5219 4150

📍 Alsina 1609 3° P - CABA

✉ fundidores@cifra.org.ar

🌐 @cifrafundidores

📱 [f](#) [@](#) [X](#) [in](#) fundidores.org.ar