



# Matriceria. Moldes y modelos



# Serie: Recursos didácticos

Tapa:  
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada  
por el telescopio Hubble - NASA.



# a u t o r i d a d e s

---

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

**Dr. Néstor Kirchner**

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**Lic. Daniel Filmus**

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. María Rosa Almandoz**

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE  
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**



# Matricería. Matrices y moldes

Sergio Pizarro

Colección Serie "Recursos didácticos".  
Director del Programa: Juan Manuel Kirschenbaum.  
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0534-4

Pizarro, Sergio  
Matricería: matrices y moldes / Sergio Pizarro;  
coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.  
- 1a ed. - Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2006.  
148 p.; 22x17 cm. (Recursos didácticos; 25)

ISBN 950-00-0534-4

I. Matricería.  
I. Kirschenbaum, Juan Manuel, coord. II. Título

CDD 621.984

Fecha de catalogación: 3/01/2006

Impreso en MDC MACHINE S. A., Marcelo T. de Alvear 4346 (B1702CFZ), Ciudadela,  
en marzo 2006

Tirada de esta edición: 2.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y de motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibra óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA –características físicas de los materiales de construcción–
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas
- 11 Biodigestor
- 12 Entrenador en lógica programada
- 13 Entorno de desarrollo para programación de microcontroladores PIC
- 14 Relevador de las características de componentes semiconductores
- 15 Instalación sanitaria de una vivienda
- 16 Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- 17 Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electroneumático
- 18 Biorreactor para la producción de alimentos
- 19 Ascensor
- 20 Pila de combustible
- 21 Generador eólico
- 22 Auto solar
- 23 Simuladores interconectables basados en lógica digital
- 24 Banco de trabajo
- 25 Matricería. Matrices y moldes
- 26 Máquina de vapor
- 27 Sismógrafo
- 28 Tren de aterrizaje
- 29 Manipulador neumático
- 30 Planta de tratamiento de aguas residuales

---

# LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

---

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
  - Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T- y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
  - Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación técnico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.
  - Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
  - Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317–.
  - Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.
- Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el periodo 2003-2007:

**Programa 1.** Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

**Programa 2.** Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

**Programa 3.** Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

**Programa 4.** Educación para el trabajo y la integración social.

**Programa 5.** Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

**Programa 6.** Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

**Programa 7.** Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

**Programa 8.** Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

***María Rosa Almandoz***

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.  
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

# LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativos ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica –CeRET– y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar)–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearon la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

**Juan Manuel Kirschenbaum**

Director Nacional del Centro Nacional de  
Educación Tecnológica.  
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

# LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

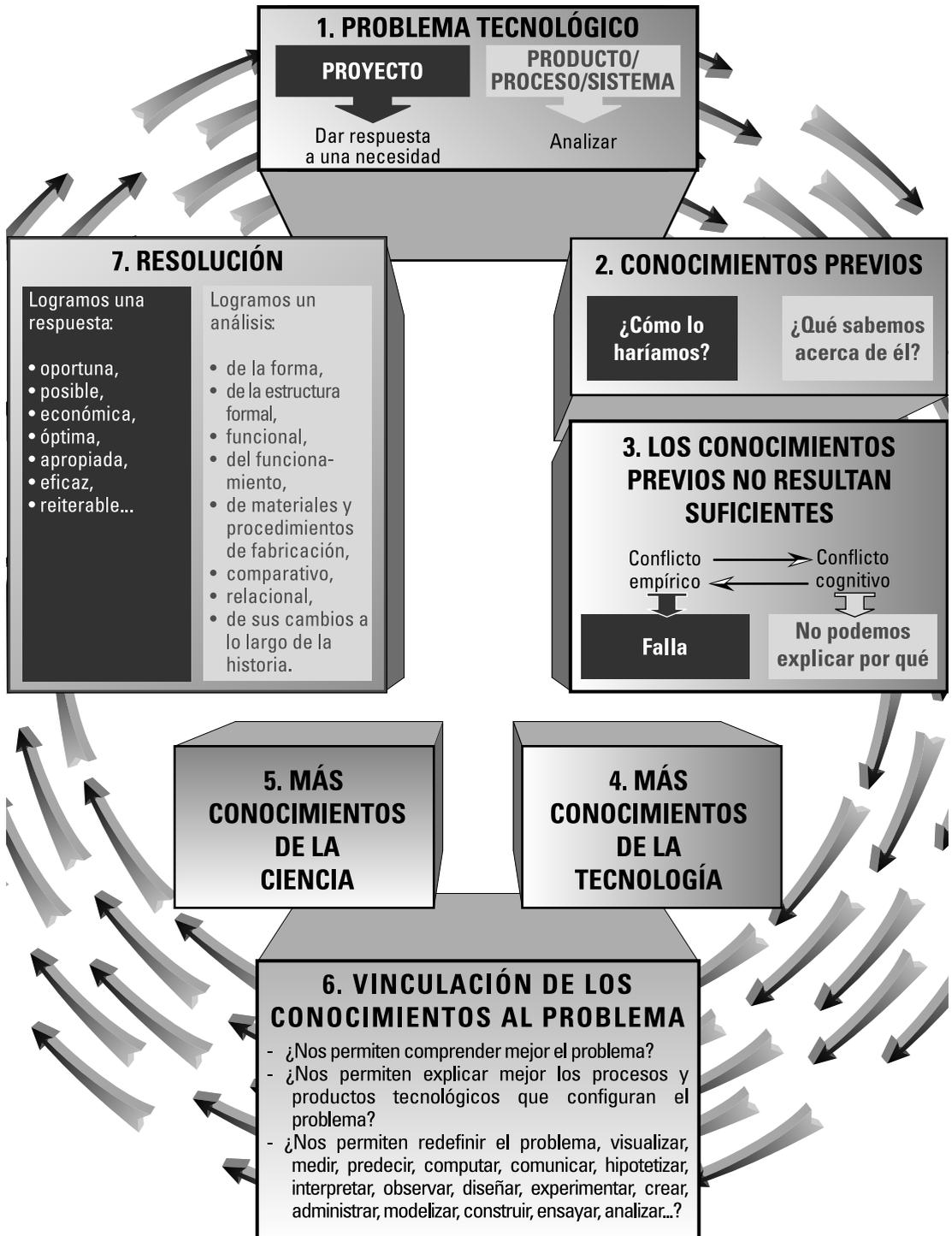
En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

- 1 Problemas tecnológicos en el aula.** En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.
- 2 Encuadre teórico para los problemas.** En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

tecnológicos y conceptos científicos asociados.

- 3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo.** Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.
- 4 El equipo en el aula.** En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.
- 5 La puesta en práctica.** Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

nentes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

*Haydeé Noceti*

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".  
Centro Nacional de Educación Tecnológica





# 25. Matricería.

## Moldes y modelos

Este material de capacitación fue desarrollado por:

### **Sergio Pizarro**

Es diseñador industrial (Universidad Nacional de La Plata). Se desempeñó como docente en una escuela técnica de orientación electromecánica, a cargo de "Dibujo técnico" y de "Elementos de máquinas, instalaciones industriales", y como maestro de taller responsable de la oficina técnica. Participó de la *Capacitación de Capacitadores en Educación Tecnológica* a cargo del Programa Nacional de Gestión de la Capacitación Docente; esta capacitación le permitió formar parte del grupo de referentes en Educación Tecnológica de la provincia de Río Negro. Paralelamente, se desempeñó como tutor del Programa Prociencia de Capacitación Docente a distancia (Ministerio de Educación de la Nación). Es autor de *Educación tecnológica, empresa y emprendimientos* (INET. 2003. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología). Forma parte de una asociación sin fines de lucro que impulsa las economías sociales regionales, evaluando y formulando nuevos proyectos productivos, y destacando la participación de las personas como individuos sociales en busca de un desarrollo económico genuino.

**Dirección del Programa:**  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Coordinación general:**  
Haydeé Noceti

**Diseño didáctico:**  
Ana Rúa

**Administración:**  
Adriana Perrone

**Monitoreo y evaluación:**  
Laura Irurzun

**Diseño gráfico:**  
Tomás Ahumada  
Karina Lacava  
Alejandro Carlos Mertel

**Diseño de tapa:**  
Laura Lopresti  
Juan Manuel Kirschenbaum

**Retoques fotográficos:**  
Roberto Sobrado

Con la colaboración  
del equipo de profesionales  
del Centro Nacional  
de Educación Tecnológica



## Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	VIII
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica.....	X
La serie "Recursos didácticos".....	XII

---

<b>1 Problemas tecnológicos en el aula</b> .....	4
• El recurso didáctico que proponemos	
<b>2 Encuadre teórico para los problemas</b> .....	14
• El contexto de la matriz o molde	
• Una breve historia de la transformación de los metales	
• Por qué la historia	
• La fundición	
• Los métodos de moldeo en la fundición de metales	
• Los moldes metálicos	
• Algunas normas de diseño para producir piezas metálicas	
• Residuos, energía, contaminación	
<b>3 El equipo en el aula</b> .....	70
• El problema de producir mil. El proyecto y el molde	
• Un ajuste "productivo" continuo	
• Sin PC	
• Otras realidades: software CAM en el mercado. Una muestra	
<b>4 Hacia una resolución técnica</b> .....	84
• En la industria, en el taller de fundición	
• Nuestro simulador de fundición	
• Realidades productivas	
<b>5 La puesta en práctica</b> .....	108

# 1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA

"Producir más y mejor, en tiempo y sin ningún tipo de inconveniente", es la prioridad de los responsables de cada industria, independientemente del tamaño que ésta tenga. Desde la más pequeña hasta la más grande, su problema tecnológico es la producción.

En muchas de estas industrias, resolver las piezas de manera que puedan ser construidas y/o procesadas de manera óptima, es una tarea profesional que requiere de conocimientos específicos y de creatividad puestos al servicio de un fin: Arribar a un resultado económico y funcional positivo, en beneficio del producto en cuestión, en beneficio de los usuarios y en beneficio de la industria.

Y, para dar una respuesta eficaz a la producción de piezas, aparecen aquí las matrices o moldes. Por supuesto, éstas no son de necesidad exclusiva de las grandes industrias -ni siquiera, en especial, de las plásticas-; también en producciones artesanales, en prótesis médicas o en la construcción tradicional de viviendas se necesitan piezas. En cada uno de estos casos, las matrices son conceptualmente iguales; sólo varía su estructura, concretada sobre la base de la cantidad de piezas a realizar, del material y de la relación costo-beneficio, variables éstas que implican diferencias notables en la complejidad de las matrices.

Una matriz tiene la particularidad de ser un problema tecnológico indirecto, derivado de la resolución de un problema directo: el producto que queremos obtener en respuesta a una necesidad. Este producto puede estar compuesto por una o por varias piezas que definen su diseño, según el material de conformado o el proceso a utilizar los que, a su vez, condicionan aspectos del diseño de la matriz que va a ser necesaria.

Ahora bien, el producto en cuestión puede ser pensado sobre la base de las posibilidades tecnológicas de una industria en particular, lo cual allana algunos caminos. O puede no depender de estas posibilidades, lo cual lleva al replanteo de todas las instancias, luego del diseño innovador planteado.

Analicemos, entonces, qué sucede para que un producto forme parte de un entorno determinado: Éste ha sido concebido en una etapa proyectual que ha permitido el diseño de cada uno de sus componentes. Paralelamente o coincidentemente con esta etapa, se han diseñado las matrices que, luego, son construidas; éstas son las que, después, en un ámbito industrial específico, se utilizan para la conformación de las piezas. Obtenidas estas piezas, se procede al armado del producto -si esto es necesario- y, así, se logran las condiciones para su comercialización. A través de la adquisición, el usuario recibe sus beneficios.



En el aula sucede algo análogo. Los problemas tecnológicos de una clase de Tecnología concluyen, también, en un producto. Pero, como parte de una estrategia didáctica y de un currículum, arribamos rápidamente a él; y, luego, nos detenemos más detalladamente en las piezas que lo estructuran, pensando en sus posibilidades constructivas. Esto es: Diseñamos al detalle para determinar el molde; y, según la complejidad, lo construimos, para la obtención de las piezas.

En nuestro ámbito, el educativo, ésta es una situación de enseñanza y de aprendizaje muy importante:

Lo proyectado se construye por medios también proyectados y diseñados.

Y, entre lo proyectado y el resultado, está la matriz.

## ¡Le damos forma!

¡Sí! Dar forma... Partamos de este hecho simple.

Diariamente, deseamos, intentamos y logramos dar forma a algo; no importa el ámbito donde esto ocurra.

Es posible que hayamos escuchado decir a alguno de nuestros compañeros, algo como: "¡Definitivamente, quiero darle forma a mi vida!". Y es probable que esta persona haya comenzado a producir una serie de acciones para lograr un camino para concretar esta nueva forma de vivir.

Supongamos, ahora, que estamos en una oficina en la que un jefe muy enojado reprocha a su secretaria: "A esta nota hay que darle forma". Y nos imaginamos que la secretaria utiliza todos los medios a su disposición para generar un orden que responda a la forma que ha acordado con su jefe.

Sigamos mirando.

Cuando queremos escribir con un lápiz negro o colorear un dibujo, "le sacamos punta"; para esto, desbastamos el recubrimiento del grafito, le damos forma para tener punta y, así, podemos escribir.

En la playa, los chicos construyen castillos con arena húmeda. Para acompañarlos en esta tarea están el balde, la pala, el rastrillo y una serie de carcazas de plástico con diferentes formas. Vemos a los chicos llenarlas, pro-

bar diferentes compactaciones, elegir arena de determinados lugares y, luego, con paciencia y destreza, volcar las figuras para verlas reproducidas sobre la arena; y, a falta de moldes, buenos son la tapa del termo o el vaso de yogur. Pero, muchas veces, los vemos rompiendo el resultado porque no es el esperado.

Todos los días, el maestro panadero amasa y da forma a una variedad de panes y confituras; en alguno de los casos, es ayudado por elementos, herramientas y moldes. Según sus capacidades, los utensilios utilizados y los ingredientes incorporados, logra una variedad importante de productos; la cantidad de éstos depende de su velocidad de trabajo y de la cantidad de utilaje de que disponga.

¿Qué relación tienen estas situaciones con una matriz?

Relacionar lo conocido puede beneficiarnos en la lectura de lo complejo y en el abordaje mismo para nuevas propuestas:

- ¿Qué tan complejo puede resultar reproducir algo o lograr una forma que represente todos los detalles que pretendemos?
- ¿Qué tan complejo le resulta al panadero reproducir los mismos bizcochos todos los días?
- ¿Qué tan complejo puede resultar reproducir piezas de calidad para el producto que ha de salir de una industria?

¿Por qué insistimos con lo complejo? Porque, cuando escuchamos decir **matriz**, la asociamos con complejidad y con mucho dinero; en cambio, cuando escuchamos **molde**, lo asociamos más a una torta que a un proceso complejo (Bueno... quien ha realizado tortas ha experimentado que el desmolde no siempre es sencillo...).

En este contexto, la profesora de "Procesos productivos" plantea a sus alumnos:

Los invito a hacer unas observaciones centradas en aquellas actividades, desde las artesanales, semi-industriales hasta las industriales, a partir de las cuales se le da forma a un producto o a parte de éste.

Entendemos como **producto** a aquella construcción realizada por el hombre para que cumpla una función.

No alcanza con recorrer la calle; es posible que deban indagar qué pasa puertas adentro de pequeños talleres, por ejemplo; de esta manera, van a recoger la información que estamos buscando.

a. Confeccionen una planilla para volcar los siguientes datos:

1. Nombre de la persona o empresa que desarrolla el producto.
2. Rubro o actividad a la que pertenece la producción.
3. Material utilizado para el conformado del producto o la pieza.
4. Otros aditivos que acompañan al material.
5. Estado o presentación del material.
6. Tipo de energía utilizada para el conformado de la pieza.
7. Herramientas y utilajes utilizados para la producción del producto o de las piezas.
8. Calidad de la pieza o producto obtenido.
9. Observación de las operaciones realizadas por las personas encargadas de la producción.
10. Otros comentarios.

Con respecto a la calidad de la pieza o producto, establezcan criterios para definirla, basándose en el tipo de producto. Por ejemplo: En un producto como una galletita tal vez no sea importante la calidad de su superficie pero sí que se identifique claramente la forma que se ha diseñado para ella. En piezas metálicas o plásticas pueden ser importantes la estabilidad dimensional y la superficie.

Confeccionen, como mínimo, tres de estas planillas, para tres rubros o actividades diferentes.

b. Amplíen la información de las planillas confeccionadas:

1. Describan las herramientas y utilajes enumerados en el ítem 7. Puntualicen todos los detalles posibles y especifiquen para qué se utilizaron.
2. Algunas de las herramientas u operaciones realizadas, ¿influyen en la calidad del producto o la pieza? ¿Cuáles y por qué?

Hasta aquí, ustedes han desarrollado por lo menos tres descripciones detalladas de cómo se conforma un producto o una pieza. El paso siguiente es comparar las planillas y encontrar, en cada uno de estos procesos, las operaciones, las herramientas, los utilajes, los materiales o los tipos de energía utilizados que resulten iguales o que se parezcan.

c. A partir de las coincidencias identificadas, definan con sus palabras qué es un proceso de conformado, y qué es una matriz o molde; y determinen la importancia de éstos en todos los procesos.

## Me pidieron mil

"Después de mucho tiempo, la empresa TecOfic, Tecnología para la oficina, empresa que se encuentra en amplia expansión en el rubro de muebles para oficina, ha confiado en un diseñador industrial para el desarrollo de productos.

Por suerte me seleccionaron para el puesto a mí, Carlos. Ya cumpla tres meses trabajando y me gustaría contarles parte de lo que sucede aquí dentro.

Antes de comenzar a trabajar, ya había investigado un poco la empresa; y, luego, dentro de ella, me enteré de algunas cosas.

¿Les cuento?

En el armado de los diferentes equipamientos actuales se utilizan piezas de madera y, en la propia fábrica, se elaboran las piezas metálicas necesarias para toda la línea, desde mesas hasta sillas ergonómicas.

Esta empresa se encuentra muy orgullosa porque ha logrado organizarse para exportar a mercados internacionales; pero, enfrenta diversos problemas que hacen peligrar sus posibilidades de expansión.

Éste es el motivo de mi contratación. Debo hacer todo lo posible para solucionar cada dificultad, y que las exportaciones se realicen como se espera y que, en lo posible, crezcan.

En entrevistas previas, el gerente me adelantó que los problemas tienen origen en el personal, en los procedimientos, en el tiempo dedicado a las tareas, en las materias primas, en los equipos, en las herramientas (Bueno... cubrió casi todas las alternativas donde pueden ocurrir problemas); así que yo las estoy teniendo en cuenta, a medida que voy desarrollando mi propuesta de trabajo.

A grandes rasgos, el proyecto que presenté se basa en que la imagen innovadora para lograr captar nuevos mercados debe brindar un nuevo valor a los materiales no tradicionales en la fabricación de muebles; en este caso en particular, mi propuesta es destacar con brillo las piezas estructurales metálicas, para dar una imagen de poder y de alta tecnología. Estamos hablando de desarrollar un concepto *High Performance, High Tech o Hyper Tech*.

Las prestaciones de los productos desarrollados con este concepto se manifiestan con configuraciones que expresan valores como "alta tecnología", "materiales avanzados", "personalización ergonómica". Los lenguajes utilizados son la ligereza estructural, la claridad compositiva, la evidencia de las partes y de los dispositivos a manipular, la armonía cromática y la expresión natural de los materiales utilizados.

Con esta idea, propuse diseñar un sistema de mobiliario de oficina para puestos de trabajo operativos, que pueda integrarse en diferentes espacios de trabajo, con superficies de trabajo ergonómicas, adaptadas a los diferentes puestos operativos, con capacidad de unir los diferentes componentes informáticos e instalaciones, que permita los cambios de configuración y que posibilite el crecimiento. Además, los componentes han de facilitar el montaje y desmontaje del sistema, y permitir integrarlo con el mobiliario de archivo y con otros elementos auxiliares.

Todo este plan fue aceptado por la gerencia de la empresa. Lo que me costó aceptar a mí, fue lo que me dijo el contador con apoyo del gerente: "Las inversiones en moldes y utillajes deben ser mínimas".

Después del impacto, hice un esfuerzo para que esta decisión no resultara un impedimento para ponernos a trabajar.

A partir de los objetivos, se desarrollaron dos propuestas de sistemas:

- Una, caracterizada por una estructura de dos patas unidas por una pieza de estilo propio de líneas suaves y envolventes.
- Otra, con una estructura de apariencia más sencilla y planos de trabajo compuestos modularmente por piezas de menor dimensión y gran versatilidad a la hora de componer los puestos operativos.

Pero, antes de definir las piezas decidí visitar a Enrique, el jefe del área de fundición. Y me lo encontré preocupado por los altos niveles de rechazo de las piezas y partes que produce su departamento; ya le habían comunicado que corre peligro uno de los primeros contratos de venta para distintos países del Mercosur.

Enrique tiene una tarea importantísima. En el área a su cargo se trabaja en forma manual, así que debe supervisar al máximo cada proceso y cada producto; y, esto ocasiona un gran desgaste en él y en los trabajadores que lo acompañan. Pero, su esfuerzo se ve recompensado con un pago superior.

La tecnología disponible en el mercado es cara y la empresa -como ya me lo adelantó el contador- ha decidido no hacer inversiones, por ahora. Sin embargo, según Enrique, el área de fundición es la unidad que genera mayor rentabilidad para la empresa, ya que enviar las piezas a un tercero fuera de la fábrica implicaría aumentar muchísimo los costos que hoy tiene el proceso.

La dotación del área de fundición es de 60 trabajadores, de los cuales un 60 % son antiguos y un 40 % está formado por jóvenes que se están iniciando, a los que se les exige buen estado físico y una educación media completa. Estos jóvenes tienen un período de aprendizaje de tres meses, luego del cual se les asignan cargos como moldeadores, horneros o coladores.

No me quedé tranquilo con la charla que tuve con Enrique y me fui a conversar con parte de su grupo de trabajo, en un descanso. Y... me encontré con lo esperado; todos tienen explicaciones frente al alto rechazo de patas de sillas, apoyabrazos, regatones, etc. Algunos sostienen que la empresa se embarcó en un contrato con exigencias de calidad imposibles de cumplir; otros reclaman porque la arena utilizada en el proceso de fundido es de baja calidad y agregan que la temperatura -condición absolutamente necesaria para un buen proceso de fundido- no se logra luego del cambio al segundo turno. Por su parte, el departamento de manutención aumentó la velocidad de las cintas transportadoras y, constantemente, repara las fallas; pero, no logra contar con un plan preventivo. Los horneros observan que los moldeadores tiran las cajas de moldeo, provocando grietas. Los horneros y vaciadores del metal tampoco parecen tener cuidado con la temperatura, lo que produce rugosidades en las superficies. Otras voces piden que el control de calidad sea menos exigente y que no aplique las normas "al pie de la letra".

Todas las piezas rechazadas vuelven a fundirse; esto no sólo ocasiona pérdida de material sino que atrasa el programa de entrega a los otros sectores, lo cual repercute en la finalización de los productos. Así, la empresa se torna menos confiable para los clientes extranjeros.

Y hay un detalle más: El rechazo de piezas produce descuentos en las remuneraciones de los trabajadores del sector, por lo que estas dificultades se trasladan a otros ámbitos, a sus hogares.

La realidad de Enrique es que el área se le complicó y que no puede encontrar una alternativa que permita un camino con menos sobresaltos. Consultó opiniones de expertos, pero no obtuvo los resultados que esperaba; intentó una asesoría externa que no fue autorizada por razones de costos. Está ante un grave problema que, incluso, hace tambalear su permanencia en la empresa.

Al terminar con mi reunión y yéndome ya a mi escritorio, escucho a Enrique que me dice: "Y, ¿esos papeles?" Mi respuesta es: "No; nada. Sólo unos papeles que saqué a pasear". La verdad es que esos papeles eran los diseños de algunas de las piezas del nuevo equipamiento que pretendía charlar con Enrique; pero, después de enterarme de todo lo que sucedía, preferí retirarme sin discutirlos con él, porque me pareció mejor revisar toda la propuesta con otra mirada, en busca de simplificar las situaciones que complican el fundido y, obviamente, el resultado que esperamos. El desafío es lograrlo sin tener que sacrificar nada del diseño original.

Voy a volver a reunirme con Enrique, pero más cotidianamente.

Mis primeras mil piezas deben lograrse en tiempo y dentro de la calidad pretendida".

Ésta es la situación que el maestro de enseñanza práctica plantea a sus alumnos de "Moldería y fundición". Y completa:

- Carlos ha decidido no correr el riesgo de que, después, por los pasillos del área de fundición, se sumen voces diciendo que ahora las pretensiones del diseñador perjudican el resultado de las piezas obtenidas. Ha decidido comprometerse más con su tarea y, sin sacrificar nada de su propuesta de diseño, quiere dar soluciones al proceso que día a día en-

frenta Enrique en su área. Ahora, les pido que cada cinco de ustedes suplanten a Carlos: pero, con una gran diferencia, ustedes todavía no tienen ninguna carpeta de papeles en sus manos. Bueno... sólo tienen los datos que expresa Carlos con respecto a la empresa, a qué se dedica y qué tipo de productos comercializa, el concepto que tiene que desarrollar y el área de mayor importancia. La tarea es que desarrollen un proyecto tecnológico para proponer uno de los productos posibles, basándose en la información disponible.

- a. Desarrollen varias propuestas como bocetos.
- b. De todas las propuestas, rescaten aquellas que respondan a la información que nos brinda Carlos.
- c. De la selección anterior, decidan y tomen partido por la que creen que es la más acertada.
- d. Den las razones de la elección.
- e. Desarrollen los planos generales del producto, indicando material, proceso y tipo de terminación que tendrá la pieza.
- f. Incorporen la figura humana en escala para corroborar si las dimensiones responden a una ergonomía adecuada.
- g. Sobre la base del plano general, confeccionen una perspectiva isométrica del conjunto.
- h. Sobre la base del plano anterior, confeccionen un plano de despiece del conjunto.
- i. Elijan una de las piezas metálicas, la más importante de todo el conjunto. Realicen su plano al detalle, sin pasar por alto cómo se vincula con las otras piezas, y teniendo en cuenta el material y el proceso que se utilizará para su conformado.
- j. Recuerden que un plano al detalle debe contar con las diferentes secciones de la pieza. Basándose en estos cortes y en los planos disponibles, realicen un modelo de la pieza.
- k. Estudien el modelo. Realicen los cambios que crean convenientes. Indiquen las líneas de desmolde, los noyos necesarios. Modifiquen los planos de las piezas.
- l. Confeccionen toda la información necesaria para que se pueda realizar el molde definitivo de la pieza y todos sus accesorios.
- m. Realicen el modelo y los noyos necesarios.
- n. Realicen las cajas molde.
- o. Realicen una colada.
- p. Desmolden la pieza.
- q. Concreten las terminaciones superficiales necesarias.
- r. Agreguen algunas recomendaciones a tener en cuenta en la producción de la pieza.

Si, en la secuencia anterior, cambiamos la empresa, el material que utiliza, el producto que ofrece y el área específica de procesamiento de la pieza, podemos abordar distintas complejidades de matrices. Si la empresa donde Carlos comienza a trabajar fabrica tazas de cerámica, se utilizarán modelos para realizar los moldes de yeso necesarios para la producción de las tazas, que son simples y sin muchos mecanismos. Pero, si la fábrica es de tazas de plástico y el proceso utilizado es de inyección, los moldes son de acero e incluyen una serie de mecanismos que tienen que ver, básicamente, con el enfriamiento del molde, con el sistema de inyección y con la expulsión de la pieza.

Usted sabe que nuestra intención es desarrollar el concepto de matriz y todas sus problemáticas técnicas; pero, también es impor-

tante detenernos en los problemas globales de la empresa que pueden influir en la pieza o en el producto que se está diseñando. Porque, la matriz no resuelve el producto; la matriz es una herramienta dentro de la empresa que, bien resuelta y bien utilizada, beneficia el proceso.

Volvamos a la situación que el maestro de "Moldería y fundición" plantea; allí resulta interesante asignar el rol de observador a uno de los chicos del grupo. Su tarea va a ser la de analizar todo lo que sucede en la tarea, a partir de un momento determinado (que puede ser desde la obtención del modelo); va a observar si cada integrante dispone de la información suficiente, a identificar los problemas que se le presentan al grupo y cómo se solucionan, si todos opinan, si surgen imprevistos, cuáles son las actitudes, etc.

En el Centro de Formación Profesional están analizando este informe:

## Situación de la industria metalúrgica<sup>1</sup>

República Argentina. Primer trimestre de 2003 / Primer trimestre de 2004:

- 76 % de las empresas sube su producción.
- 88 % de las empresas sube sus ventas.
- 36 % de las empresas alcanza entre el 76 % y 100 % de sus valores históricos.
- 32 % de las empresas logra su máxima utilización de capacidad instalada en 120 días.
- 60 % de las empresas tiene planes de modernización.
- 40 % de los proveedores de las empresas metalúrgicas no cumple con compromisos de cantidad y precios.

En el primer trimestre del 2004, la actividad metalúrgica registra una importante mejora, con niveles de producción y de ventas superiores a los logrados en igual período del año anterior, cuando comienza la recuperación de la demanda de las empresas usuarias. Así surge de la información recogida por el Departamento de Estudios Económicos de la Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina, mediante una encuesta cualitativa realizada a firmas del sector (fabricantes de insumos y bienes intermedios, bienes de consumo durable y bienes de capital).

El 76 % de las empresas encuestadas indica que su producción creció un promedio de 33 %, mientras que el 88 % registra un aumento de sus ventas del orden del 36,5 %. Sólo el 36 % de las firmas opera durante el primer trimestre del 2004 con un nivel de actividad entre el 76 % y el 100 % de sus valores históricamente normales.

La mayoría de las empresas considera que la tendencia de la actividad económica previsible para el próximo trimestre será la misma o mejor que la actual; el 32 % de ellas estima alcanzar el máximo nivel de utilización de su capacidad instalada en los próximos 120 días.

Cabe señalar que las empresas metalúrgicas -"sobrevivientes" de un largo período de apertura indiscriminada de la economía, que fueron afectadas, además, por la crisis financiera de finales de 2001- han realizado un importante esfuerzo de reestructuración económica, basado en recursos propios.

El resultado de esta dinámica lleva a que el 52 % de las industrias mantenga el número de personas ocupadas y que un 40 % haya incrementado su dotación de personal durante el primer trimestre del 2004, respecto del último trimestre de 2003.

El 68 % de las empresas metalúrgicas indica, también, que sus proveedores están cumpliendo sus compromisos de provisión en los mismos plazos que en meses anteriores, si bien un 40 % de los proveedores no cumple en cantidad y precio.

Por otra parte, la encuesta permite comprobar que la mayoría de las empresas metalúrgicas se están viendo obligadas a aumentar su competitividad a través del incremento de las inversiones, por lo cual el 60 % tiene previsto implementar algún plan de modernización y/o reequipamiento fabril.

<sup>1</sup> Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República Argentina (2004) "Resultados de la encuesta de coyuntura de ADMIRA". Estadísticas de la industria metalúrgica. Buenos Aires. [www.adimra.com.ar/esp/ver\\_notas.php?contenidoID=69](http://www.adimra.com.ar/esp/ver_notas.php?contenidoID=69)

Los objetivos de la inversión están dados por la necesidad de reemplazar maquinaria obsoleta, reducir costos, mejorar la calidad de los productos y expandir la capacidad productiva.

En las respuestas de los empresarios metalúrgicos queda claramente expuesto que el cumplimiento de esas metas depende de una política crediticia específica, que acompañe el esfuerzo que están realizando las empresas (por ahora, las líneas de crédito siguen siendo caras y son a muy corto plazo).

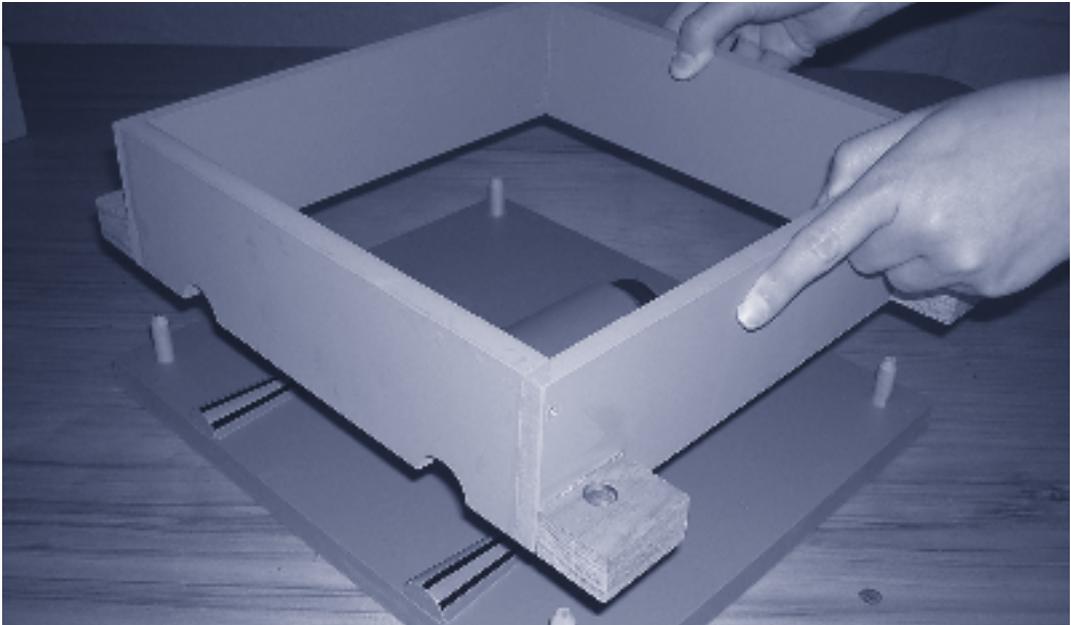
En síntesis, las perspectivas del sector en el corto plazo son positivas; pero, para el largo plazo siguen prevaleciendo las dudas respecto de que la reactivación no sea sustentable en el tiempo y que no se puedan amortizar los bienes de capital incorporados y/o a incorporar.

Otras preocupaciones detectadas son:

- La escasa oferta de mano de obra calificada.
- Los alcances de la nueva Ley Laboral N° 25.877.
- La posible falta de insumos críticos (gas, electricidad, materias primas).
- La permanencia de regímenes especiales que permiten la importación de bienes producidos en el país, sin el pago de aranceles.

## El recurso didáctico que proponemos

El recurso didáctico que proponemos es un "simulador" que permite representar el proceso de conformación de una pieza de material no ferroso.



En nuestra propuesta, esta representación va unida a procesos de diseño y productivos reales, por lo cual la modelización con otros materiales no deja perder el significado original del proceso.

Básicamente, el equipo consta de un molde con características reales que se desarrolla a

partir de contextos reales de producción. Este molde -aún prescindiendo de equipamiento específico- permite simular la colada de un material en estado de fusión, para la obtención de una pieza; y, así, comprobar los resultados según los estándares de calidad del proceso en juego.



## 2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

Según el Diccionario de la Real Academia Española<sup>2</sup>, una **matriz** es un molde en que se funden objetos de metal que han de ser idénticos; es un molde de cualquier clase con el que se da forma a algo.

Parece ser necesario, entonces, que encaremos la definición de **molde** (Del catalán antiguo, motle): 1. Pieza o conjunto de piezas acopladas en que se hace en hueco la forma que en sólido quiere darse a la materia fundida, fluida o blanda que en él se vacía, como un metal, la cera, etc. 2. Instrumento, aunque no sea hueco, que sirve para estampar o para dar forma o cuerpo a algo; por ejemplo, las letras de imprenta, las agujas de hacer media, los palillos de hacer encajes, etc.

Por su parte, la palabra **matricería** no se encuentra en el diccionario.

¿Por qué nos interesan, particularmente, estos tres términos?

Veamos...

### El contexto de la matriz o molde

Estamos acostumbrados a escuchar que una necesidad social o económica de desarrollo trae aparejada la aparición de un producto en nuestro entorno; este producto es denominado tecnológico, tal vez porque es el resultado de una acción tecnológica en la que intervienen procesos creativos del pensamiento, de la ciencia, de la técnica, propios o -en muchas oportunidades- ajenos a las industrias.

Debido a sus características formales, algunos productos únicos o de muy baja producción, han liberado a sus creadores del tedioso trabajo de diseñar las piezas para que puedan ser producidas en serie y, correlativamente, para ellos no resulta necesario el desarrollo de la matricería correspondiente. Porque, en su mayoría, estos productos se concretan artesanalmente, lo que implica que la matricería no necesite seguir procesos específicos de diseño y de construcción.

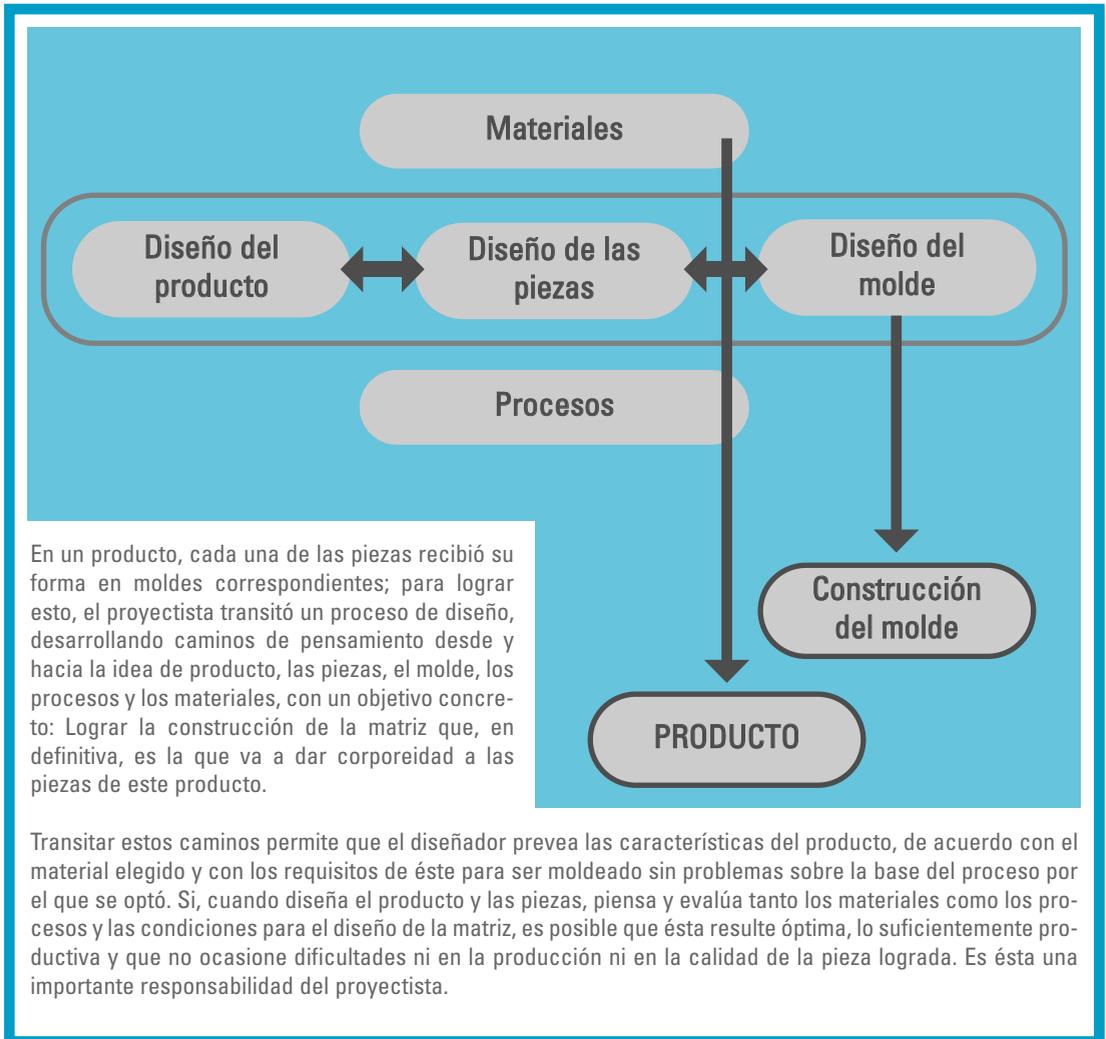
Pero, cuando el producto es pensado y creado para los mercados de alta demanda, la producción en serie toma un valor muy

<sup>2</sup> Real Academia Española (2004) *Diccionario*. Madrid. [www.rae.es](http://www.rae.es)

importante, por lo que los moldes resultan de imperiosa necesidad. Así, dentro del sistema productivo, pasan a ser un problema a resolver; porque la productividad y los costos dependen directamente de la pieza a moldear y del diseño del molde.

En países como el nuestro, esta situación se complejiza. En nuestra realidad productiva tan particular, el proyectista del producto y de sus piezas, tiene la consigna de diseñarlos sin

perder nunca de vista los materiales y los procesos disponibles para su materialización; esta disponibilidad agrega, así, una exigencia más -incluso, por sobre la tan preciada innovación-: Producir con lo que hay... e innovar. Ésta es la premisa que se escucha a diario en las pequeñas empresas que intentan tener protagonismo. Este equilibrio, ¿es posible? Sí lo es; con pequeños o grandes desafíos, con constancia, con exigencia en todos los órdenes y con conocimiento de lo que se hace.



En un producto, cada una de las piezas recibió su forma en moldes correspondientes; para lograr esto, el proyectista transitó un proceso de diseño, desarrollando caminos de pensamiento desde y hacia la idea de producto, las piezas, el molde, los procesos y los materiales, con un objetivo concreto: Lograr la construcción de la matriz que, en definitiva, es la que va a dar corporeidad a las piezas de este producto.

Transitar estos caminos permite que el diseñador prevea las características del producto, de acuerdo con el material elegido y con los requisitos de éste para ser moldeado sin problemas sobre la base del proceso por el que se optó. Si, cuando diseña el producto y las piezas, piensa y evalúa tanto los materiales como los procesos y las condiciones para el diseño de la matriz, es posible que ésta resulte óptima, lo suficientemente productiva y que no ocasione dificultades ni en la producción ni en la calidad de la pieza lograda. Es ésta una importante responsabilidad del proyectista.

# Una breve historia de la transformación de los metales

Hablar de matrices implica introducirnos en los procesos de transformación de metales. Porque, para encuadrar las tareas de matricería, es necesario considerar los procesos de **fundición** -la transformación de un metal en un estado que pueda ser volcado- y de **colado** al interior de una matriz, proceso que ha acompañado a la humanidad por muchísimo tiempo y que no han perdido vigencia hasta hoy, ya que en el ámbito productivo conviven desde las más viejas tecnologías hasta las más modernas.

Veamos las raíces de estos procesos de transformación de los metales.

La preocupación o la necesidad de la transformación de metales para un fin útil acompaña a la humanidad, por lo menos desde cuatro milenios antes de Cristo. En manos de sumerios y egipcios se han encontrado indicios de uso de hierro<sup>3</sup> procedente de meteoritos<sup>4</sup>, que nos remontan a esa época.

<sup>3</sup> De entre todos los metales de fundición optamos por centrarnos en el hierro, porque es el material que, definitivamente, cambió la historia de la humanidad; ni el cobre ni el bronce se divulgaron tanto en los objetos que produjo el hombre a lo largo de la historia.

<sup>4</sup> En otras latitudes geográficas, el primer hierro utilizado también provenía de los meteoritos. Así sucedió en China, en cuyo noroeste, cerca de Xinjiang, se han encontrado objetos de hierro forjado del siglo VIII a. de C.

Los hititas eran hombres con talento e ideas avanzadas. De origen indoeuropeo, invadieron Anatolia por la fuerza, hacia el 2000 a. de C., transfiriendo así el arte de fundir y modelar el cobre y el bronce. Impusieron su cultura a los pueblos que dominaron -que, no obstante, ya estaban curtidos en la tecnología del metal-. Fueron los hititas quienes, a partir de los recursos de hierro de Anatolia, extrajeron por fusión y por primera vez, el hierro de su mineral<sup>5</sup>.

Entre el tercer y segundo milenio a. de C., en Mesopotamia, Anatolia y Egipto, van apareciendo cada vez más objetos de hierro, ya no de origen en los meteoritos -en ellos no se encuentra níquel-; los estudios no son muy precisos en cuanto a definir cuáles son, entonces, las fuentes para la obtención del hierro, pero algunos afirman que se obtenía como subproducto del cobre. Lo interesante es que los investigadores coinciden en que su uso parece ser ceremonial, ya que resultaba un metal muy caro, más aún que el oro.

En general, las armas de hierro daban a sus poseedores una indudable superioridad militar; pero, en los poblados celtas apenas se han encontrado armas. Probablemente, se trataría de poblados pacíficos de comerciantes, que cambiaban de emplazamiento cuando los productos que ofrecían, antes novedosos, habían saturado el escaso mercado (no olvidemos la longevidad de los objetos de hierro y la escasez de la población de la época) o bien cuando los clientes potenciales habían aprendido las técnicas para fabricarlos ellos mismos<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Artículo del sitio de contenidos *País global*: [www.pais-global.com.ar/oh/oh10.htm](http://www.pais-global.com.ar/oh/oh10.htm) citando a Time Life (1993) "Orígenes del hombre". Folio. Washington.

<sup>6</sup> Artículo de [www.editorialbitacora.com/bitacora/hierro02/hierro02.htm](http://www.editorialbitacora.com/bitacora/hierro02/hierro02.htm)

Pasan los años y, entre 1600 a. de C. y 1200 a. de C., aumenta el uso del hierro en Oriente Medio; pero, no alcanza a sustituir la predominante presencia del bronce. Recién en el período que va desde 1200-1000 a. de C. se produce un cambio rápido e importante en el material de las armas utilizadas en Oriente Medio; estos elementos sufren, entonces, un fuerte cambio del bronce al hierro, tal vez forzado por la ausencia de estaño y no necesariamente por un avance en la tecnología del hierro. Este período se denomina **Edad de hierro** y deja atrás la edad de bronce y la de cobre.

Hay indicios de que en Grecia comienza a emplearse el hierro en torno al 1000 a. de C. y que éste no llega a Europa occidental hasta el siglo VII a. de C. La sustitución del bronce por el hierro es lenta, ya que resulta difícil fabricar piezas de hierro debido a la localización del mineral y a su fundición a temperaturas altas imprescindibles para la forja.

En Europa Central, en el siglo IX a. de C., a través de la cultura de los Hallstatt, se difunde la espada de hierro. Se conocen diversas espadas de esta época de Hallstatt; su característica es la de ser alargadas y con pomo en forma de seta insertado en la lengüeta. Esta cultura había desplazado a la "cultura de los campos de urnas" (primera edad de hierro), adueñándose de los secretos de la metalurgia del hierro que los integrantes de este último grupo obtuvieron al destruir, a su vez, al imperio hitita.

Como vemos, esta tecnología se desarrolla alrededor del poder, de las guerras y del prestigio (Si encontramos alguna relación con la actualidad... son sólo coincidencias).



**Herramienta agrícola S XIX**

Junto con esta transición del bronce al hierro se descubre el proceso de **carburización**, consistente en añadir carbono al hierro. El hierro se obtenía, entonces, como una mezcla de hierro y escoria, con algo de carbono o carburos. Era forjado quitando la escoria y oxidando el carbono, creando así el producto ya con una forma. Este hierro forjado tenía un contenido en carbono muy bajo y no se podía endurecer fácilmente al enfriarlo en agua. Pero, se observó que se podía obtener un producto mucho más duro, calentando la pieza de hierro forjado en un lecho de carbón vegetal para, luego, sumergirlo en agua o aceite. El producto resultante -que tenía una superficie de acero- era más duro y menos frágil que el bronce, al que comenzó a reemplazar.

Recién para el 550 a. de C. China consigue obtener hierro colado (producto de la fusión del arrabio). El mineral encontrado allí presenta un alto contenido en fósforo, con lo que funde a temperaturas menores que en Europa y otros sitios. A pesar de esta ventaja, no tuvo una gran repercusión hasta el 221 a. de C.

Comparativamente, en Europa el hierro colado tarda mucho más en aparecer, debido a que no se consigue la temperatura suficiente para fundirlo. Así, las primeras muestras de hierro colado que se han encontrado en Suecia, corresponden al período 1150-1350.

En la Edad Media y hasta finales del siglo XIX, muchos países europeos emplean la **farga catalana** (fragua catalana) para transformar el metal. De este proceso, empleado en las "ferrerías", se obtiene hierro y acero bajo en carbono, empleando carbón vegetal y mineral de hierro a 1200 °C. En la actualidad, algunas de estas ferrerías se ponen en funcionamiento una vez por mes, con el fin de recordar lo durísimo que era el trabajo y las prácticas conservacionistas que utilizaban -ya que la energía era lograda de la combustión del carbón vegetal-, una manera de mantener viva una tradición que marcó la historia de una vasta región española que fue sustituida por la tecnología de los altos hornos.

El carbón vegetal es una constante como fuente de energía y como agente reductor para la obtención de hierro; pero, su uso desmedido -principalmente, en Inglaterra del siglo XVIII- generó escasez, provocó un aumento de su precio y forzó la utilización de coque (combustible fósil) como alternativa.

El coque fue la fuente de energía más importante de la Revolución Industrial, período en el que la demanda de hierro creció constantemente -por ejemplo, para su aplicación en ferrocarriles-.

La introducción de coque como combustible

trajo, además, un cambio técnico en el proceso, que modifica la tecnología de obtención de hierro. Así, Abraham Darby, a principios del siglo XVIII, construye el primer alto horno para la compañía *Coalbrookdale*; esto permite la producción de arrabio líquido, una aleación de hierro con, aproximadamente, 4 % de carbono. Este material se puede utilizar para coladas en moldes no muy complejos para la obtención de piezas con muy bajas exigencias ingenieriles.

Las demandas de la industria bélica y, en primer lugar, de la artillería, la gran novedad de fines del medioevo, tienen mucho que ver en el despegue de la siderurgia y de las industrias metálicas. Centros destacados de la producción de armas eran, entre otros, Malinas, Lieja, Londres, París, Milán, Nüremberg o Brescia. En esta última ciudad italiana había, a finales del siglo XV, alrededor de 200 talleres de armeros (...) Entre los instrumentos de producción de este sector, un puesto de honor ocupa la *farga catalana*, horno que permitía obtener alrededor de 50 kilogramos de hierro por colada y, muy particularmente, el *stuckhofen*, horno aparecido en Europa central que lograba rendimientos casi diez veces superiores a los de la farga. Entre las zonas de Europa que se hallaban a la cabeza de la industria del hierro hay que mencionar a Estiria y a Lieja; pero, también, al territorio del actual País Vasco. Las ferrerías vascongadas, en claro auge en el transcurso de los siglos XIV y XV, alcanzaron una producción de 18.500 quintales en el año 1408 que, antes de concluir la centuria, se había más que duplicado, pues se acercaba a los 40.000 quintales. De todas formas, la alimentación de los altos hornos exigía abundante madera, lo que a su vez podía repercutir en un descenso peligroso de las masas forestales contiguas a las ferrerías.

[www.artehistoria.com](http://www.artehistoria.com)

Para los años '50 del siglo XIX se introduce industrialmente el proceso Bessemer, originado en Inglaterra; éste consiste, básicamente, en someter el arrabio líquido proveniente del alto horno a la acción del aire, en un convertidor de forma cilíndrica. De este modo, se producen decenas de toneladas de acero.

Este proceso domina la escena hasta fines del siglo XIX, cuando aparece el proceso Siemens-Martin<sup>7</sup> que resulta vigente hasta mediados del siglo XX, cuando es sustituido por los convertidores al oxígeno o LD, y los hornos eléctricos.

### Procesos clave

**1856. Convertidor Bessemer.** Su inventor es Henry Bessemer. Un chorro de aire atraviesa el hierro fundido y quema todo el carbono necesario para obtener el acero. Consta de un recipiente cónico de acero forrado de ladrillos refractarios que se llama convertidor y que se puede inclinar para ser vaciado. El hierro fundido se vierte en el convertidor situado en posición vertical y se pasa aire a través de orificios abiertos en la base. El primer acero fabricado por este método resulta quebradizo, por culpa del oxígeno absorbido.

**1864. Horno de solera abierta.** Sus inventores son William y Friedrich Siemens, quienes desarrollan un método para precalentar el aire inyectado a los hornos. A cada extremo del horno colocan cámaras de ladrillos entrecruzados que se calientan con los gases de la combustión y, después, caldean el aire que se inyecta en el horno. Sus inventores, patentan un horno de solera para acero, que incorpora precalentadores o "regeneradores"; pero éste no tiene éxito hasta que lo mejoran dos hermanos franceses, Pierre y Emile Martín, unos años más tarde.

**1902. Acero por arco eléctrico.** En 1878, William Siemens experimenta con la electricidad para calentar los hornos de acero. Pero, es el metalúrgico francés Paul Héroult quien inicia, en

1902, la producción comercial del acero en horno eléctrico. En el horno se introduce chatarra de acero de composición conocida; entonces, se hace saltar un arco eléctrico entre la chatarra y grandes electrodos de carbono situados en el techo del horno. El calor desarrollado por el arco funde la chatarra y produce un acero más puro que el que ha estado en contacto con los gases de combustión. Se puede añadir mineral de acero para alterar la composición del acero, y cal o espatoflúor para absorber cualquier impureza.

**1948. Proceso del oxígeno básico.** Tras la segunda guerra mundial se inician experimentos en varios países, integrando oxígeno puro en lugar de aire para los procesos de refinado del acero. El éxito se logra en Austria, en 1948, cuando una fábrica de acero situada cerca de la ciudad de Linz y de Donawitz desarrolla el proceso del oxígeno básico o LD.

**1950. Fundición continua.** En el método tradicional de moldeo, el acero fundido del horno se vierte en moldes o lingotes, y se deja enfriar. Luego, los lingotes se vuelven a calentar, hasta que se ablandan y pasan a trenes de laminado, donde se reducen a planchas de menor tamaño para tratamientos posteriores.

<sup>7</sup> Hay que aclarar que es fácil confundir los procesos con el tipo de horno donde se efectúa el proceso de fabricación del acero. Así, se habla indistintamente de hornos y de procesos: Bessemer, Siemens-Martin, LD (convertidor al oxígeno, del cual existen muchas variantes) y hornos eléctricos (de los que existen, también, muchas versiones).

## Una historia de este lado del continente

Adentrémonos en la historia de John Deere, creador del primer arado de acero autolimpiable con éxito comercial.

John Deere nace en Rutland, Vermont, el 7 de febrero de 1804. Su infancia y su adolescencia transcurren en Middlebury, Vermont, donde asiste a la escuela pública y es aprendiz de herrero durante cuatro años.

A los 21 años comienza su carrera como herrero jornalero y, pronto, se hace célebre por su ingenio y por su trabajo bien hecho. En particular, sus pulidas horquillas para heno y sus palas tienen gran demanda en la parte occidental de Vermont. Pero, la situación económica decae, a mediados de la década de 1830, y Deere emigra al Oeste, incorporándose a un grupo de pioneros. Deja su familia, y parte con un atado de herramientas y un poco de dinero.

Se instala en Grand Detour, un pueblo de Illinois. Allí hace tanta falta un herrero que, dos días después de su llegada, en 1836, ha construido ya una forja y se ocupa sirviendo a la comunidad, herrando caballos y bueyes, y reparando los arados y los demás equipos de los agricultores pioneros.

Los agricultores le explican a Deere el serio problema con que se enfrentan cuando intentan arar los fértiles suelos del Medio Oeste. Los arados de hierro forjado que han traído del este del país están diseñados para los terrenos ligeros y arenosos de Nueva Inglaterra; pero, las tierras del oeste se adhieren a la parte inferior y resulta necesario detenerse cada pocos pasos para eliminar la tierra del arado. Abrir los surcos, entonces, les resulta una labor lenta y complicada, y son muchos los pioneros que, desanimados, piensan en irse.

John Deere estudia el problema y se convence

de que un arado bien pulido, con vertedera y reja de formas adecuadas, podría limpiarse a sí mismo a medida que abre los surcos. Entonces, en 1837, construye un prototipo a partir de la hoja de una sierra descompuesta y lo somete a prueba en una granja.

El arado de acero de Deere resulta ser la respuesta que los agricultores buscaban.

Conforme a la costumbre de esa época, los herreros fabrican los utensilios a medida que reciben pedidos de los clientes. John Deere, por el contrario, empieza a fabricar arados antes de recibir los pedidos y los lleva al campo para venderlos. El suyo es un método completamente nuevo de fabricación y de venta que, en esa época inicial de los pioneros, hace que los "Arados autolimpiables de John Deere" se hagan famosos.

Son muchos los problemas para administrar un negocio de manufactura. Entre otras dificultades: resultan pocos los bancos, deficiente el transporte y escaso el acero. Los primeros arados de John Deere son fabricados a partir de pedazos de acero que su inventor había podido encontrar. En 1843, Deere hace arreglos para obtener un envío de acero laminado especial desde Inglaterra. El acero tiene que cruzar el Atlántico en buque de vapor, subir luego por los ríos Mississippi e Illinois en barco y continuar 40 millas por tierra en carreta hasta la pequeña fábrica de arados en Grand Detour.

Recién en 1846, la primera placa de acero laminado para arados producida en los EEUU es fabricada por orden de John Deere y enviada de Pittsburgh a Moline, Illinois, donde queda la fábrica que abre Deere.

Diez años después de haber creado su primer arado, John Deere produce 1.000 arados

anuales. En aquella época inicial de su negocio, establece los principios que en la empresa que él fundó continúan cumpliéndose al pie de la letra. Uno de ellos es el insistir en altos estándares de calidad. La promesa de John Deere es: "Nunca pondré mi nombre en un producto que no tenga en él, lo mejor que hay en mí".

Uno de sus primeros socios censura a Deere por modificar siempre sus diseños; la hipótesis de este detractor es que este cambio constante constituye trabajo perdido, considerando que los agricultores comprarían cualquier cosa que ellos produjeran. Se dice que Deere responde a este planteo: "No tienen obligación de comprar nuestros productos; es más: un competidor podría superarnos y arrebatarlos los clientes."

A lo largo de su historia, *Deere & Company* sigue insistiendo en el desarrollo y el perfeccionamiento de sus productos. En comparación con la mayoría de las empresas en esta industria, Deere destina constantemente un porcentaje mayor de sus ingresos para la investigación y el desarrollo.

El crecimiento de la empresa es constante. Para 1907, la empresa fabrica una amplia gama de arados de acero, cultivadoras, sembradoras de maíz y algodón, y otros implementos.

En 1911, la empresa incorpora seis empresas no competidoras fabricantes de equipo agrícola, convirtiendo a la organización en fabricante de

toda la gama de equipos agrícolas. En 1918, la empresa compra *Waterloo Gasoline Traction Engine Company*, de Waterloo, Iowa, por lo que los tractores se convierten en un importante segmento de producción de John Deere.

Pero la visión no se pierde. Así, Charles Deere Wiman, bisnieto de John Deere, asume el mando de la empresa, en 1928. Durante el período de modernización de la agricultura, el énfasis que pone en el diseño y en el desarrollo de productos da como resultado una rápida expansión de la empresa, a pesar de la crisis económica que azota al país en la década de 1930.

La empresa sigue insistiendo en el diseño de productos, colocándose en una posición competitiva favorable en el mercado de la posguerra. En el período 1955 a 1982, John Deere experimenta una de sus etapas de expansión más grandes. Las operaciones de fabricación y comercialización se establecen en todo el mundo. Deere se convierte en el principal productor mundial de equipos agrícolas y en un importante productor de equipos para la silvicultura, la construcción y el cuidado de jardines.

Entre el 1982 y 1990, uno de los períodos más difíciles, la empresa surge como una organización más dinámica y flexible, más preparada para enfrentar la creciente competencia mundial.

Y, la historia continúa...

## Por qué la historia

Muchos le deben a ella el lugar que actualmente ocupan. Mucho le debemos a ella lo que nos ha tocado vivir y aunque, no lo reconocamos, estamos haciendo historia -genuinamente nuestra-.

Esta historia es posible porque el hombre descubre la forma de obtener hierro de sus minerales, tal vez de manera accidental, en una época donde ya sabe extraer cobre y fabricar bronce. Este accidente pudo ocurrir al hacer fuego en hogares rústicos, construidos sobre rocas que contienen hierro, ayudado por una fuerte corriente de aire natural.

Este "accidente" es una posibilidad real, ya que estas condiciones coinciden con lo que necesitamos hoy para obtener hierro. Sintéticamente, se requiere que el mineral sea calentado a una temperatura apropiada, en contacto con un material caliente que contenga carbono y en ausencia de aire. Como vemos, trozos de mineral en un hueco de roca (hogar) rodeados de carbón vegetal caliente, cumplen con ese requerimiento.

Al "accidente" le podemos sumar, además, la capacidad de observación de algún integrante o de varios, en alguna comunidad, que se dedican a reproducir esta situación y que pueden desarrollar los primeros métodos para la obtención de hierro, material que ha transformado el medio definitivamente -permitiéndose tener, hoy, la misma importancia que en ese entonces-.

Y, ¿por qué es el hierro la madre de las fundiciones y no el aluminio, por ejemplo? El hierro se encuentra en la naturaleza en cantidades mayores que cualquier otro metal; se explota con métodos más sencillos, en relación con otros -aún cuando es muy posible que el retraso de la aparición del hierro con respecto al bronce se haya debido a su elevado punto de fusión, para lograr el cual resulta necesaria una elevada temperatura-.

Obviamente, en sus orígenes, el proceso no debe haber sido tan sencillo; es posible que, para intentar las primeras producciones, se haya rodeado el mineral con carbón de leña, con lo cual no se alcanzaba la temperatura suficiente para fundir el metal. Es probable que el resultado haya sido, entonces, una masa esponjosa y pastosa, mezcla de hierro y escoria, que había que martillar muchas veces

al rojo vivo para eliminar sus impurezas. De esta manera, se conseguía obtener un hierro puro que, al mismo tiempo, podía ser endurecido por forja. El resultado: barras de hierro forjado resistente y maleable; en definitiva, un tipo primitivo de acero.

Todo indica que las acciones posteriores se orientan a tratar de aumentar la temperatura a la que se somete al mineral de hierro, por medio de la utilización de hornos en los que se introduce una mezcla de mineral y carbón vegetal. Esto beneficia a la producción y a la economía del sistema.

Pero... Cuando estos hornos se calientan en exceso, el mineral pasa de la forma pastosa a la líquida con un contenido en carbono tan alto que no permite la forja. En un principio, éste es un producto no aprovechable que necesita un afino.

**Afino** es un término que se conserva hasta el día de hoy para describir el proceso de transformación del hierro colado en acero.

La obtención accidental del hierro colado no resulta una desgracia; todo lo contrario. Con el tiempo se puede establecer que es la mejor materia prima para obtener, posteriormente, el acero, con todas las ventajas técnicas y económicas que implica el proceso.

Para llegar a este punto, es preciso recorrer tres caminos:

- la sustitución del carbón de leña por la hulla y, más concretamente, por el coque;
- el aumento de la altura de los hornos, ya que el coque permite aumentar la carga

de éstos y, en consecuencia, su producción;

- las mejoras referidas a avivar la combustión del horno; primero, mediante el aumento de la ventilación y, posteriormente, mediante el calentamiento del aire soplado.

Transitar estos caminos da paso a la tecnología de los actuales altos hornos.

Y... lo trascendental ocurre de la mano de Bessemer, en 1856. Su invento del convertidor permite obtener acero del hierro producido en el alto horno...

La historia continúa; las innovaciones se suceden y guían los procesos que hoy hacemos.

## La fundición

Indudablemente, la fundición es el proceso más versátil de todos para la obtención de piezas metálicas; y, algunos la consideran el camino más directo desde el diseño hasta la producción de una pieza.

Prácticamente, cada metal que puede fundirse también podrá moldearse, con un diseño flexible. Esta flexibilidad es la que le permite a la industria de fundición de metales producir componentes simples o complejos, que se produzcan una vez -como prototipo- o miles de veces -para ser usados en un producto manufacturado-. Los metales permiten elaborar un alto porcentaje de bienes, a través de maquinaria destinada a la

fabricación; así, la fundición de metales es la técnica de conformación por excelencia.

Si nos detenemos a pensar unos minutos, rápidamente podemos confeccionar una lista de más de 20 piezas obtenidas por esta técnica. Entre las más reconocibles, encontramos: los bloques de cilindros de motor, las cajas de transmisión y las partes de suspensión de automóviles y camiones, los soportes inferiores de equipos agrícolas y de construcción, los accesorios estructurales y metálicos para electrodomésticos, los caños y las válvulas de accesorios de plomería y calderas. Y, así, podemos ir enumerando desde las piezas más grandes en peso y tamaño hasta las más pequeñas -como los accesorios de una bicicleta-.

Es evidente que el desarrollo y la difusión alcanzados por el proceso de fundición se deben a su antigüedad y a su historia. Su antigüedad puede ser medida en años; pero, su historia hace referencia a los sucesos provocados por personas a través de procesos tecnológicos. Esta historia es la que nos dice que, en nuestro país, en el 2003, se fundieron 93.000 toneladas de hierro gris y aleado; esto es, 3 kg por habitante -muy poco, comparado con los países más industrializados del mundo-.

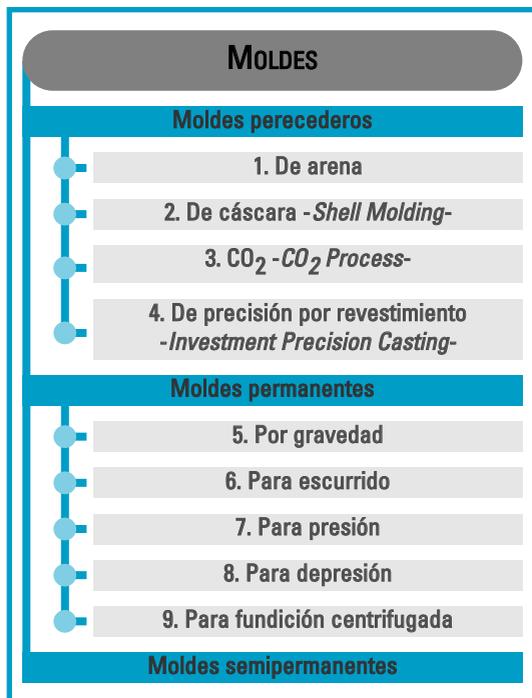
## Los métodos de moldeo en la fundición de metales

Ya hemos considerado a la fundición como uno de los métodos más antiguos en dar forma a los metales. Por siglos, los artífices han producido toda clase de artículos,

vaciando el metal derretido en un molde. Así, un arte antiguo es hoy práctica industrial, ayudada por las relaciones entre la técnica, la ciencia y la tecnología que han permitido al fundidor aleaciones, procedimientos y controles para aumentar la cantidad, la variedad y la calidad del producto.

Son muchas las formas en que el hombre ha logrado hacer moldes. Vamos a centrarnos en las que mayor aplicación industrial han tenido y en las que otros materiales se han apoyado para solucionar la conformación de sus piezas.

Particularmente, podemos considerar dos tipos de moldes: aquellos que se utilizan una sola vez y aquellos que se utilizan muchas veces. Esta variable nos permite agruparlos en moldes percederos y permanentes; y, referirnos también a los semipermanentes.



Los **moldes percederos** se utilizan una sola vez, porque la acción del metal fundido sobre ellos los daña o destruye, impidiéndoles ser utilizados nuevamente.

Los **moldes permanentes**, generalmente metálicos, tienen una duración muy larga; en algunos casos, alcanzan decenas de miles de coladas.

Los **moldes semipermanentes** consisten en una parte permanente y en una porción del molde (generalmente, su hoyo, ánima o macho) utilizable sólo una vez.

La *American Foundry Society* tiene diferenciados 38 procesos de conformado de piezas metálicas, lo cual puede implicar 38 guías de pautas para el diseño de moldes, de acuerdo a cada proceso.

Antes de seguir adelante, consideremos algunos conceptos con los que vamos a encontrarnos a menudo en este material de capacitación:

**Modelo.** Pieza similar a la que se desea obtener, perfectamente pulida, en la que se han previsto las dimensiones para compensar la contracción del metal al solidificar y las conicidades imprescindibles para que el modelo salga cuando se construye el molde, sin producir deterioros en la cavidad que forma. Su función es, precisamente, la de dejar un hueco en el material que conformará el molde que reproduzca la pieza con precisión, hueco que luego va a ser ocupado por el metal.

**Caja.** Bastidor de madera o de metal que permite contener el material para construir el molde (generar cavidades). Una caja completa consta de una parte inferior (bajera), una superior (sobre) y bastidores intermedios (fajas); todas con orificios, guías y pernos (macho o hembra) que le permiten centrarse.

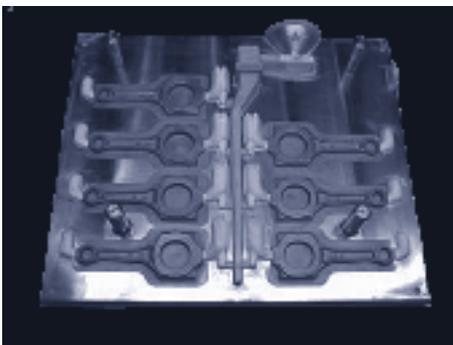
**Noyo. Macho. Corazón.** Pieza adicional móvil que conforma las cavidades de las piezas que no se pueden obtener por el moldeo directo. Los noyos se construyen en cajas metálicas o de madera que se denominan "cajas de noyo".

**Colada.** Conjunto de cavidades y canales que hacen llegar el metal al molde propiamente dicho.



**Caja sobre faja y bajera**

Estos cuatro conceptos son los que desarrollamos en nuestro equipo simulador, como parte de una acción concreta de diseño y de puesta en situación de producción.



**Placa modelo biela**

## 1. Molde de arena

Es una de las prácticas más antiguas en la construcción de moldes para verter metal líquido en ellos. En ella se usa como materia prima a las llamadas "tierras de moldeo".

Además de ser muy antigua, tiene la virtud de ser uno de los métodos más baratos y seguros, al permitir fundir casi todos los metales y aleaciones con una calidad no despreciable.

Para lograr un molde de arena se requiere:

- Colocar un modelo dentro de una caja.
- Llenar progresivamente la caja de arena verde, compactándola -generalmente, con un pisón-.
- Quitar el modelo, desmoldándolo suavemente. Queda, entonces, un hueco (molde) que conserva perfectamente la forma del modelo.
- Hacer llegar el metal al hueco, a través de canales y aberturas practicadas en la tierra (coladas).

Este procedimiento -que parece tan simple- exige una extensa gama de estudios que van desde el diseño adecuado de piezas, cajas y modelos, hasta el conocimiento intrínseco de las propiedades físico-químicas de la tierra o arena de moldeo.

Dentro de lo que se conoce como "moldeo en tierra o arena" existen variantes que poseen distintas propiedades, de acuerdo con la terminación del molde de arena:

Molde de arena	
<b>Moldeo en verde</b>	→ El molde conserva la humedad propia de la tierra. La colada puede realizarse a continuación del desmoldeo del modelo; es decir, luego de conformado el molde.
<b>Moldeo en seco</b>	→ El molde se expone al calor de una estufa hasta una temperatura de unos 105 °C. Si se llega a los 200 °C se lo denomina horneado, secado o estufado.
<b>Moldeo piel seca -skin dried-</b>	→ Luego de realizada la cavidad con el modelo y con la caja aún abierta, se seca la superficie de la cavidad del molde con una lámpara o soplete.

Factores que inciden en la preparación de la pieza a colar en arena	
1.1.	Las características de la tierra
1.2.	El modelo
1.3.	Los noyos
1.4.	Las cajas de moldeo
1.5.	Las herramientas
1.6.	El colado
1.7.	La contracción
1.8.	Las tolerancias
1.9.	El costo

**1.1. Las características de la tierra.** El material fundamental utilizado para el moldeo en arena es la llamada **tierra de moldeo**; ésta es la que le da forma al molde, a sus cavidades, por lo que debe poseer características especiales.

Esta tierra de moldeo consiste en un material de granulometría variable, cuya base es generalmente una arena silíceo (aproximadamente, el 90 % en peso), aglomerada por una arcilla y agua. Tiene el aspecto de una tierra húmeda (de 4 a 7% de agua) que mantiene las formas que se le dan al aprisionarla y que es capaz de "correr" antes de su compactación, ocupando huecos complicados con bastante fluidez.

Generalmente, contiene poca materia orgánica; excepto, en los casos en los que se le agregan aglomerantes para obtener propiedades especiales -con frecuencia, referidas a la resistencia mecánica de los moldes o noyos-.

Por ejemplo, cuando el molde tiene paredes delgadas o el trato dado por los operarios es violento, es posible la utilización de silicato sódico en reemplazo de la parte de agua necesaria para la aglomeración; así se evitan roturas al momento de manipulación o de colada del material fundido.

Son numerosas las propiedades que se requieren en una tierra para que las piezas obtenidas estén libres de defectos. Entre las principales, se cuentan:

- **La fluidez.** Permite que la tierra "corra" y se adapte a la forma de los modelos.
- **La permeabilidad.** Porque, una vez compactado, el molde deja pasar los gases a través de la tierra.
- **Las resistencias mecánicas.** El molde no debe deformarse ni fracturarse en los esfuerzos a los que lo someten la manipulación, el transporte y, sobre todo, las presiones hidrostáticas, la erosión y el choque del metal al entrar en él.
- **La refractariedad.** Ésta indica cómo se ha de comportar la tierra frente a las altas temperaturas a las que estará sometida.

Factores determinantes sobre estas propiedades son: la granulometría, la forma de la arena, el contenido y la calidad de la arcilla aglomerante.

Hay tierras naturales que poseen las propiedades enunciadas; en nuestro país existen **tierras naturales** de moldeo de excelente calidad; las de uso difundido son las de Junín y las de Paraná. Hay otras **tierras semi-**

**sintéticas** que presentan alguna deficiencia superable mediante el agregado de algún elemento. Sin embargo, actualmente, se ha generalizado, sobre todo entre los metales ferrosos, el uso de **tierras sintéticas**; es decir, tierras preparadas a partir de una arena silícea lavada, una arcilla refractaria, generalmente bentonítica sódica y otros agregados -como carbón mineral en polvo, aglomerantes orgánicos, etc.-, que se mezclan íntimamente en máquinas amasadoras diseñadas al efecto. Estas arenas presentan la ventaja de poder prepararse de acuerdo con las exigencias de la pieza y del metal a fundir, regulando sus componentes y su proporción, en cada caso.

Para la preparación o mejoramiento de la tierra se usa desde el clásico método de mezclado a pala hasta los más modernos de preparación continua. Éstos, esencialmente, constan de:

- un separador magnético o por gravedad, para retirar las partículas metálicas de la tierra,
- un extractor de finos (partículas impalpables que derivan de la fractura de los granos de arena, de la combustión del carbón de la tierra, de la descomposición de las arcillas, etc.) de tipo ciclónico u otro,
- una mezcladora de tipo molino en la que se efectúa el amasado de la tierra con los agregados y el agua, y
- un desintegrador aireador que pulveriza la tierra, destruyendo los grumos que se pudieran haber formado en la mezcladora.

## Arenas de moldeo

Las arenas de moldeo están compuestas por arena y arcilla -generalmente, bentonita-, que proporciona cohesión y plasticidad a la mezcla, facilitando su moldeo y dándole resistencia suficiente para mantener la forma adquirida después de retirar el modelo y mientras se vierte el material fundido. (...) A pesar de que la industria ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas y ha ido sustituyendo a las bentonitas por otros productos en la fabricación de moldes para fundición, éste sigue siendo su uso principal.

(...) La proporción de las bentonitas en la mezcla varía entre el 5 y el 10 %, pudiendo ser ésta tanto sódica como cálcica, según el uso a que se destine el molde. La bentonita sódica se usa en fundiciones de mayor temperatura que la cálcica, por ser más estable a altas temperaturas; suele utilizarse en fundición de acero, hierro dúctil y maleable, y, en menor medida, en la gama de los metales no féreos. Por otro lado, la bentonita cálcica facilita la producción de moldes con más complicados detalles y se utiliza, principalmente, en fundición de metales no féreos.

El aumento de los costos de las materias primas está forzando a las fundiciones a recuperar las mayores cantidades posibles de mezclas de arenas, para ser usadas de nuevo, si bien generalmente esto no afecta de forma sensible al consumo de bentonita. El reciclado, en la mayoría de los casos, no es posible, pues la mezcla alcanza temperaturas superiores a los 650 °C y, a esas temperaturas, la arcilla pierde parte del agua de su constitución -proceso que es irreversible- y con ello sus propiedades.<sup>8</sup>

## Generalidades sobre las arenas cuarzosas

(...) El empleo de las arenas de sílice se da, principalmente, en la industria metalúrgica y de fundición, en la industria de vidrio y en la cerámica, en la industria de la construcción, en la de los abrasivos, en los productos químicos basados en sílice, en la industria de petróleo, en la electrónica...

La selección de las materias primas utilizadas en la preparación de moldes para fundición, como arenas naturales y aglutinantes -básicamente, de bentonita-, tiene que ser consecuencia de un análisis con respecto a la forma en que dichos materiales deben responder a diferentes factores que influyen notablemente, como:

- diseño y tamaño de la pieza,
- tipo de metal requerido,
- temperatura de vaciado,
- método de moldeo.

(...) La principal ventaja de utilizar arena sílica para fundición es la resistencia del mineral aglutinado a la presión metalostática del metal que se está colocando y que es suficientemente permeable como para permitir el escape de vapores y gases; aparte, que la textura y la composición del molde permiten un vaciado íntegro, suave y sin reacción térmica del choque.

Hay otras arenas que compiten con la arena sílica para ser usadas como material refractario y de moldeo -en particular, de cromita, olivino y zirconio-. Cada arena tiene sus ventajas y desventajas inherentes, según las condiciones de trabajo; aunque, cabe mencionar que las arenas de zirconio, cromita y olivino resultan de

<sup>8</sup> El artículo completo está disponible en [www.uclm.es/users/higueras/yymm/Arcillas.htm](http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/Arcillas.htm)

manera natural más escasas, razón por la cual en total representan 5 % del consumo global de arenas para moldeo; en tanto, la arena sílica representa el restante 95 %. La composición de colados que hacen uso de estos materiales es mayor al 5 %, ya que el olivino, el zirconio y la cromita son esencialmente materiales de recubrimiento y, en condiciones normales, se usan con arena sílica como relleno.<sup>9</sup>

### ¿Qué es la arena caliente?

La arena caliente de moldeo es toda arena de alta temperatura que causa dificultades en la preparación de la arena, moldeo y calidad del vaciado. La arena caliente también puede ser descrita como una que requiere materias primas adicionales para alcanzar propiedades de moldeo utilizables. Específicamente, una arena de retorno con un rango de temperatura de 120-160 °F (49-71 °C) está lo suficientemente caliente como para demostrar propiedades inconsistentes de molienda y problemas de control.

Un estudio hecho por A. Volkmar en 1979 indica que temperaturas arriba de 120 °F traen como resultado una pérdida consistente de las propiedades físicas de la arena. En este estudio, una gran muestra de arena fue dividida dentro de varios contenedores sellados provistos de termocoples y, a temperaturas varias; la arena de los contenedores individuales fue probada rápidamente para asegurar que no hubiera pérdida de calor. El estudio mostró que ocurrió una pérdida constante en la compactabilidad, cuando las temperaturas de la arena excedieron 120 °F.<sup>10</sup>

**1.2. El modelo.** También el modelo tiene una influencia importante. Para la fundición en tierra se usan modelos de yeso, cemento, madera, metal o plástico (resinas); en la actualidad, estos dos últimos se pueden obtener por CNC o por estereolitografía (específicamente, los de resina).

La decisión por el tipo de material del modelo está relacionada, principalmente, con la durabilidad y, por supuesto, con la cantidad de moldes que con él se realizarán. Por ejemplo, si nuestra pieza es única y no muy compleja, un modelo en yeso protegido con pintura puede ser más que suficiente para obtener el molde.

Durante muchísimo tiempo se utilizaron los **modelos de madera**, de costo relativamente bajo, y de fácil reparación y modificación; aún hoy se siguen construyendo -en nuestro país, generalmente, de cedro-. La madera está bien estacionada para que los factores del ambiente y de la humedad de la tierra no alteren su forma y dimensiones; es, además, suficientemente resistente como para que el trato riguroso a que la somete el moldeo no cause deterioros en ella.

Es de especial cuidado la terminación superficial del modelo (lustrado, pintado con esmaltes poliuretánicos, etc.), de manera de impedir la absorción de humedad y de posibilitar un desmolde perfecto, sin que la arena se adhiera; porque, si el modelo sale con arena pegada, se requiere un delicado trabajo manual de reparación del molde, a fin de descartar la posibilidad de una terminación rugosa en la pieza fundida.

Los **modelos metálicos** se hacen, común-

<sup>9</sup> Le proponemos consultar el texto completo en: [www.minermet.com.ar](http://www.minermet.com.ar)

<sup>10</sup> Información original de [www.moderncasting.com](http://www.moderncasting.com)

mente, de aluminio, metal liviano y resistente. Sin embargo, para series cortas, se usan aleaciones "blancas" -a partir de plomo, estaño, antimonio-, más fáciles de fundir y trabajar, y que no poseen contracción. El bronce y el latón se usan para modelos que requieren un pulido muy fino, a causa de lo complicado de la pieza.

Un caso clásico son los cilindros con aletas refrigerados por aire, en los que una pequeña irregularidad de la superficie puede provocar la rotura parcial del molde, extremadamente difícil de reparar.



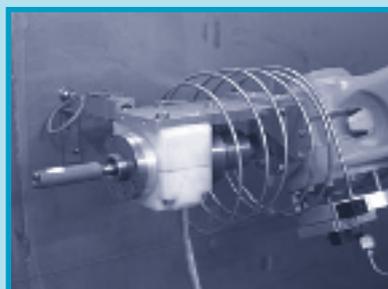
La fabricación de un modelo metálico requiere, muchas veces, la construcción de un modelo de yeso o madera. Entonces, usando éste, se confecciona un molde en el que se vierte el metal elegido para el modelo definitivo.



**Abrasivos cerámicos**

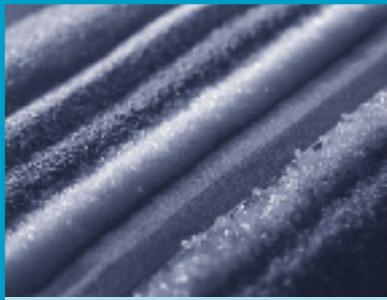


**Agua a presión en funcionamiento**



**Agua a presión**

**Equipos y consumibles para la terminación de las piezas**



*Granalla*



*Shot peening*



*Granalladora para carga por lotes*



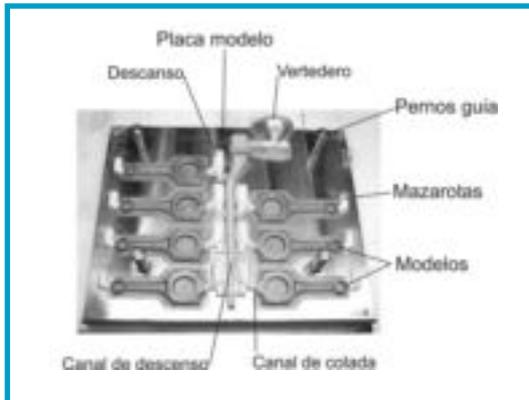
*Lavado continuo*



*Vibrador circular*

*Equipos y consumibles para la terminación de las piezas*

Con la difusión del moldeo a máquina, ha tomado incremento el uso de las **placas modelo**. Éstas consisten en una plancha metálica de cinco a quince mm de espesor, perfectamente rectificada, sobre la que se montan los modelos que se desea fundir y los sistemas de coladas a utilizar. La placa está dotada de agujeros, a centrarse en los pernos de las cajas. Por lo general, constan de varios modelos, hecho que mejora en gran medida el rendimiento del trabajo, por cuanto en una operación (colocación y moldeo de la placa) se moldean varias piezas y coladas, y, en otra (desmoldeo) se retiran varios modelos simultáneamente.



**Placa modelo componentes**

El material más usado en la confección de placas es el aluminio. Estas placas se construyen solidarias, es decir, con el modelo y la plancha fundidos en un solo cuerpo o separados, fijándose luego los modelos con espinas o tornillos.

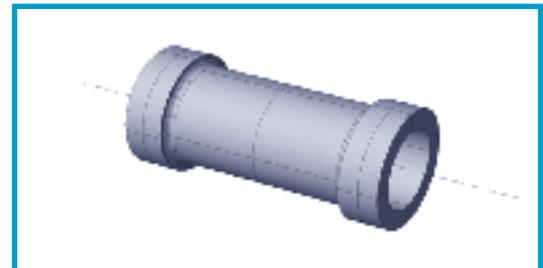
En algunos casos, en una sola plancha se montan las mitades del modelo (una por cara); pero, si se usan dos máquinas, es necesario hacer dos placas, una con cada medio modelo; de ese modo, un operador moldea el "sobre" y otro la "bajera" de una misma caja.

La tabla da una idea de la distinta duración de los modelos, según el material en que están construidos:

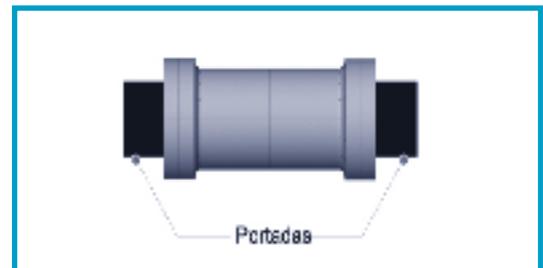
Vida de los modelos con diferentes métodos de moldeo		
Material del modelo	Método del moldeo	Durabilidad (número de moldeos)
Madera	Manual	100-250*
Caoba	Manual	250-1000
Caoba	Máquina	1000-2000
Aleaciones de aluminio	Máquina	5000-10000

(\* )Las condiciones de depósito afectan la vida de los modelos de madera; según el tipo utilizado, el modelo puede durar menos de lo que se indica.

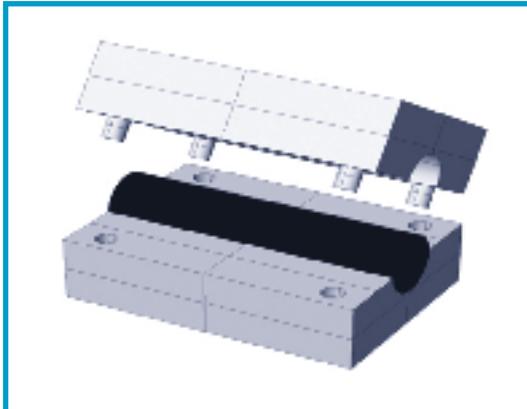
De acuerdo con las exigencias del moldeo y con la forma de la pieza, los modelos pueden estar hechos en una, dos o más partes, según las líneas divisorias del moldeo o los detalles no desmoldables directamente.



**Pieza tubo**



**Modelo**



**Caja noyo**

la cavidad a obtener. Éstas se llenan de arena aglomerada -generalmente, con sustancias orgánicas termofraguantes (aceite de lino, oxidado doble cocido, melaza, dextrina, resinas, etc.)-.

Al ser extraído de la caja, el noyo así obtenido es débil y fácilmente disgregable; por lo tanto, es llevado a estufas de curado sobre una cama de aserrín en la que, al cabo de unas horas de permanencia entre 200 y 300 °C, logra estar listo para ser usado; es decir, dotado de suficiente resistencia

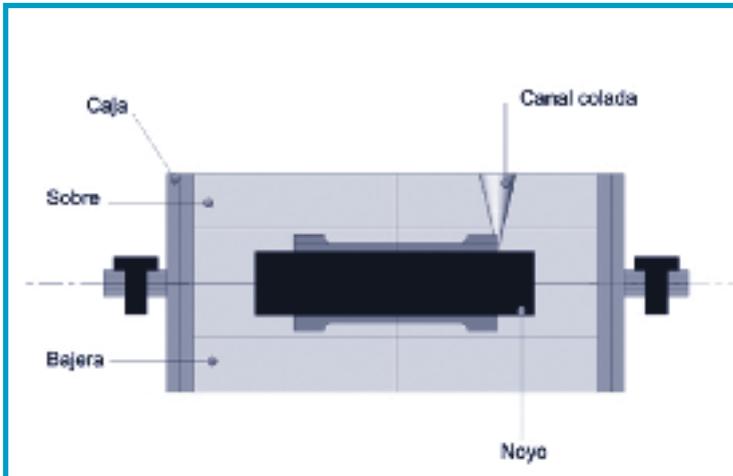
mecánica como para ser manipulado, colocado en el molde y, posteriormente, obligado a resistir el esfuerzo del metal fundido.

Las cajas de nuyos pueden estar dotadas de varias porciones -por lo común, dos-, para hacer posible el desmoldado.

Los aglomerantes que se usan en la confección de nuyos producen cantidades grandes de gases, lo que

hace necesario un buen escape. Para esto, el noyo cuenta con canales que lo atraviesen y que tienen salida al exterior en zonas no ocupadas por el metal. La deficiente salida de gases origina sopladuras -burbujas de gases retenidos en el metal-.

Cuando los nuyos son grandes o de formas débiles o con puntos de fácil fractura, se utilizan **armaduras**. Éstas consisten en estructuras hechas con hierros o alambres que se colocan en el interior del noyo -a la manera



**Molde**

El centrado entre las diversas partes se efectúa mediante pernos. El centrado o fijación de las partes sueltas o nuyos se efectúa mediante las **portadas** -prolongaciones del modelo que dejan huecos en el molde-, dentro de las cuales queda "calzado" el noyo. Las portadas se pintan de otro color que el resto del modelo -generalmente, de negro-.

**1.3. Los nuyos.** Los nuyos, machos o corazón se moldean en cajas especiales de madera o metal que reproducen la forma de

del hormigón armado-, para darle mayor resistencia a los requerimientos mecánicos a los que estará sometido.

Otra propiedad que se exige del noyo es la *colapsabilidad*, es decir, la propiedad de desintegrarse luego de la solidificación del metal, a los efectos de evitar la creación de tensiones residuales en las piezas y de obtener una extracción fácil de la arena, en el desmoldado.

**1.4. Las cajas de moldeo.** Son numerosos los tipos de cajas que se usan en la fundición. Las hay de madera con guarniciones metálicas, de chapa, de acero, de fundición gris o de aluminio.

En cuanto a su forma, se usan desde la clásica rectangular hasta circulares y de formas especiales, adaptadas a determinadas piezas.

Las cajas de moldeo se pueden dividir en dos tipos principales:

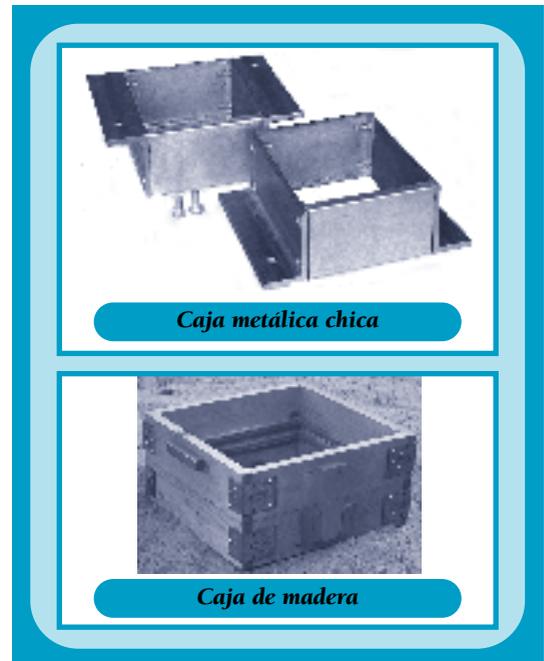
- Cajas fijas.
- Cajas de desarme.

Las **cajas fijas** con usadas para todo tipo de piezas y constituyen marcos rígidos sin articulaciones, dentro de los cuales queda la tierra hasta el momento de extraer la pieza. Sus partes permanecen unidas entre sí (sobrefaja-bajera) por grampas, tornillos o pesas, en el momento de verter el metal. Este sistema de sujeción opera, además, como sistema de centrado entre las partes de la caja. Existen varios diseños de sistemas de sistemas de sujeción.

Las **cajas de desarme**, en cambio, están dotadas de articulaciones que permiten retirar la caja una vez confeccionado el molde, sin que éste se deteriore; así, una sola caja puede usarse, sucesivamente, para construir gran cantidad de moldes. Las cajas de desarme se utilizan en piezas chicas, para que los moldes no se destruyan al colar el metal.

Una vez retiradas las cajas, se agregan al molde conformado en arena, unas camisas metálicas que sostienen la tierra *-jacket-* o pesas para que la presión hidrostática no levante la caja superior, cuando se realice la colada.

En las cajas más o menos grandes, se colocan armaduras metálicas para ayudar a sostener la tierra. En ellas, se fijan ganchos o cadenas que entran en la tierra, mejorando la resistencia mecánica del molde.



**Caja metálica chica**

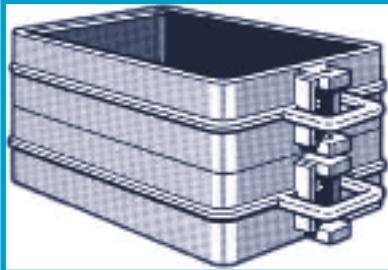
**Caja de madera**



*Cajas metálicas sobre faja, bajera y sujeción*



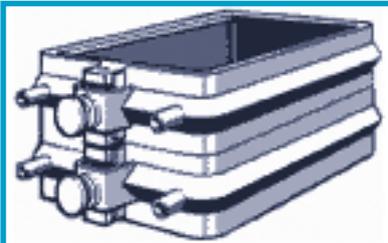
*Jacket*



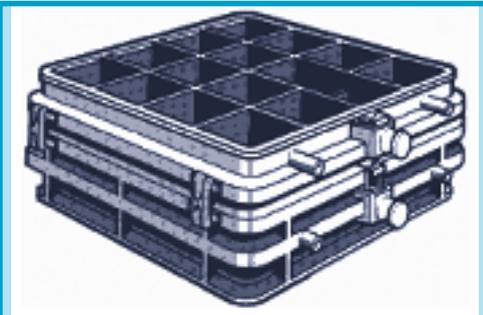
*Caja metálica sobre faja y bajera*



*Caja de tamaño especial*



*Medias cajas metálicas*



*Caja muy grandes con refuerzos*

1. 5. **Las herramientas.** El oficio de moldeador requiere una delicada habilidad manual que sólo se puede lograr con la práctica.

Las herramientas del moldeador son:

- El **bate o atacador**, una especie de pisón, con reducida superficie de ataque, metálico o de madera, que se usa en el compactado inicial de la tierra.
- La **pileta o pisón**, que se usa en el compactado final.
- La **regla o rasero**.
- Las **herramientas de moldeo propiamente dichas**, usadas para abrir canales y coladas, para asentar bordes peligrosos o deteriorados, y para corregir roturas provocadas por el desmolde.
- Otras **herramientas** que se usan para fines especiales; muchas veces, son desarrolladas y construidas por las mismas personas que trabajan en el sector.



**Herramientas de un viejo taller de fundición de campanas**

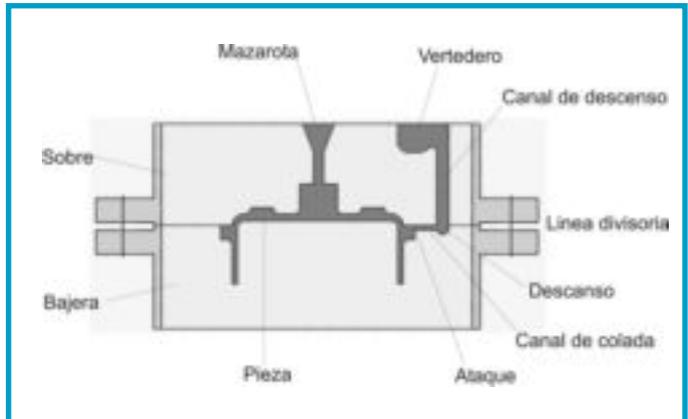
En los moldes de arena, además de la compactación manual, existe la compactación a máquina:

- **Máquina de prensado.** A través de un tablero de comandos, una prensa hidráulica o hidroneumática, comunica la presión que le queremos otorgar a la tierra de la caja.
- **Máquina de sacudido.** La caja con tierra se coloca sobre una plataforma que sube y baja con velocidad; por su propio peso acelerado, la tierra se aprieta.
- **Máquina de prensado-sacudido.** Consta de un pistón de prensado dentro del cual se mueve un pistón pesado que golpea la plataforma, alternativamente, sacudiendo la caja.
- **Máquina lanza tierra -sand slinger-.** En ella la compactación de la arena se efectúa gracias a la velocidad con que es proyectada contra el modelo. Cuenta con un sistema transportador de arena que lleva a ésta hasta el extremo de un brazo articulado. Allí, la arena cae en un rotor de arena que la acelera a alta velocidad, suficiente para lograr un buen compactado.



**Máquina proyectadora de arena -sand slinger-**

Para el moldeo de hoyos también se usan máquinas; desde simples prensas hasta veloces "disparanoyos" que llenan las cajas con arena, a expensas de una descarga de aire comprimido.



**Elementos del molde**

**1.6. El colado.** Los sistemas que se usan para que el metal llegue a los moldes son muy variados; pero, podemos ubicar uno como el más simple. En este sistema juega un papel muy importante el descanso de colada. El "descanso" es el encargado de recibir el choque del metal, frenar la turbulencia que aquel produciría y hacer que el metal entre en el canal de colada con movimiento laminar. Es de especial importancia que sea así; porque, el movimiento turbulento provoca oclusión de gases, gotas frías, oxidación y probables fracturas en el molde.

dad de colada nunca llegue a deteriorar el molde.

Los sistemas de colada varían de acuerdo con el metal (fluidez, temperatura, contracción porcentual, densidad), que exige canales mayores o menores, y de acuerdo con la pieza (dimensión y forma).

Al colar, otra de las reglas a observar, es que el metal penetre en la forma más gradual y uniforme posible, tratando de que la veloci-

**1.7. La contracción.** Otra parte importante en la técnica de la fundición es la que se refiere a las contracciones que soporta el metal al descender su temperatura.

### Contracción volumétrica de diversos materiales

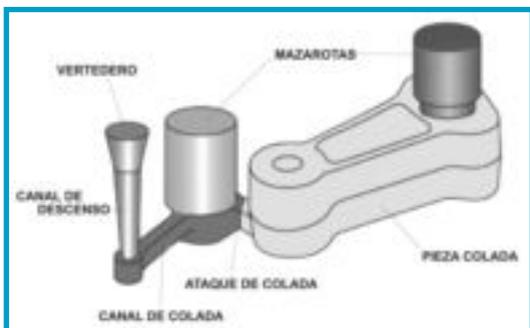
Material	Fundición gris	Fundición blanca	Acero Q2	Cobre	Bronce	Bronce Al	Latón 62	Al	Mg
Temperatura de colada	1.250	1.250	1.600	1.200	1.200	1.200	1.000	750	750
Contracción volumétrica	Estado líquido	1,60	2,46	1,65	2,19	----	----	----	---
	Cuando solidifica	1,52	2,92	2,91	3,19	----	----	6,45	5,5
	Total	3,12	5,38	4,56	6,10	7,63	5,98	7,1	6,45
	En estado sólido	2,32	5,00	7,45	6,4	4,2	5,08	6,7	4,1

Al = Aluminio  
Mg = Magnesio

Durante el enfriamiento (descenso de la temperatura) del molde y de la pieza, la solidificación de ésta comienza contra las paredes del molde y en las zonas con menor espesor de metal. Esta solidificación estratificada de la pieza fundida hace que en el último lugar que solidifica falte el metal, que ya ha sido consumido en las contracciones de las capas sucesivas. Este hueco provocado por la contracción se denomina **rechupe**<sup>11</sup>.



**Defectos en la pieza de fundición**



**Sistema de fundición**

<sup>11</sup>No está entre los propósitos de este material de capacitación el estudio de estos fenómenos; pero, digamos que los serios problemas de contracción volumétrica (rechupes, porosidades, grietas, tensiones internas, etc.) se resuelven -cuando es posible- mediante la modificación del diseño de las piezas y -cuando estos cambios no pueden concretarse- mediante el uso de montantes y/o enfriadores, a fin de dirigir la solidificación.

**1.8. Las tolerancias.** Las tolerancias que el molde en tierra puede brindar son pobres; sin embargo, en trabajos delicados de piezas chicas se logran precisiones cercanas a los 0,3 mm, en promedio, dependiendo del tamaño de las piezas. La tolerancia de la fundición en tierra se aproxima a 0,8 mm.

En cuanto al **acabado**, éste exige procesos posteriores de:

- rebabado (extracción de la porción de metal infiltrada en las juntas de las cajas) y
- arenado con aire o vapor, para quitar de la superficie las partículas de arena que quedan adheridas en las piezas.
- Eventualmente -y, para fines especiales- se usan procesos de decapado químico o electrolítico.

**1.9. El costo.** Ya hemos dicho que la fundición en tierra es uno de los métodos más baratos para la fundición de metales. La tecnificación que ha tenido lugar en los últimos años y los materiales que se utilizan, abundantes en la corteza terrestre y fáciles de extraer, lo hacen el método de obtención de piezas metálicas más universalmente extendido.

## 2. Molde cáscara

El molde cáscara -*shell molding* es su nombre de origen, descubierto por Johannes Croning- surge de la combinación de la arena, primer material usado en el moldeo, con sustancias relativamente nuevas consti-

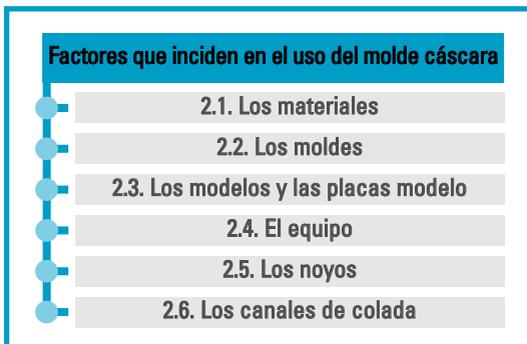
tuidas, generalmente, por resinas fenólicas.

Su principio de acción se basa en la polimerización de una mezcla de resina y arena sobre un modelo a una determinada temperatura, según las características técnicas de la resina. Esta mezcla, luego de fraguada, se torna rígida y toma la forma del modelo.

Hoy día, el *shell molding* se utiliza en numerosas industrias; en especial, en aquellas en las que se necesitan piezas de fundición de precisión y buen terminado. Éstas son las dos ventajas fundamentales del método, que permiten obtener considerables ahorros en lo referido al maquinado y a la presentación de las piezas.

Si bien, en un principio, este proceso se aplicaba a metales no ferrosos, hoy se utiliza para fundiciones de todo tipo de hierros y aceros. El *shell molding* también puede combinarse con otros métodos, con resultados satisfactorios; por ejemplo, es usado en la fabricación de noyos para moldes de arena.

Por sus características, este método posee similitudes importantes con el moldeo de cera perdida -*Investment Precision Casting*-; uno y otro sólo guardan diferencias en los modelos utilizados.



**2.1. Los materiales.** Consideremos los rasgos de la arena y de la resina.

Los tipos de **arena** influyen notablemente en la calidad del molde; y ésta depende de varios factores.



La terminación de superficies de las piezas, por ejemplo, está marcadamente influida por la **finura del grano** y, por esta razón, las arenas usadas para un molde cáscara son más finas que las usadas en moldes ordinarios.

Si tenemos una resina de calidad A, arena gruesa de gran resistencia y terminado basto y, por otro lado, arena con un grano fino, la elección de una u otra arena repercute en la terminación de la pieza. Si elegimos una gruesa, luego de conformada la pieza se van a observar rugosidades; en cambio, la elección de una arena más fina da mejor terminado pero más baja resistencia para la misma calidad de resina. En el primer caso, el defecto no se puede subsanar; en el segundo, en cambio, con un incremento en el porcentaje de resina, se puede obtener la resistencia deseada, la que hace que sea imposible el

arrastre o el lavado de la superficie por el material fundido. El contenido de arcillas u otras impurezas da moldes débiles y mal terminados.

Para obtener la mejor superficie posible, una arena muy fina, cribada en distintos tamices da un mejor material; pero, si es muy grande la proporción de granos que pasa por el tamiz N° 200 (malla de acero inoxidable de 0,074 mm), el consumo de resina se vuelve muy grande con sólo pequeñas ventajas en el terminado.

Los experimentos indican que la mejor **mezcla** parece ser una de arena que no tenga más de un 5 % retenido en el tamiz n° 100 (malla de acero inoxidable de 0,149 mm) y alrededor del 75 % en los números 120, 150 y 200. Mezclas de arenas de este tipo exigen un porcentaje de resina entre el 6 y 8 %, dando un terminado muy fino y un molde resistente para fundiciones ferrosas.

Todas las variables de este tipo de mezclas introducen modificaciones en el terminado y en la resistencia del molde, que son perfectamente controlables.

La **permeabilidad** no presenta los mismos problemas que en la práctica de los moldes de arena secos y en verde.

Es necesaria una arena con alto contenido de sílice -por ejemplo, del 98 %- para asegurar un alto punto de sinterización; es decir, de **resistencia a las altas temperaturas** o refractariedad. Aún mejor es una arena de zirconio.

Una arena seca es esencial, pues no es conveniente operar con un nivel de **humedad** su-

perior al equilibrio establecido con la atmosférica.

Es aconsejable que no haya **materia orgánica**; la arcilla, los óxidos metálicos y/o álcalis sólo pueden ser tolerados en pequeñas trazas.

La **forma de grano** y su distribución es otra consideración importante. Un grano redondo da una cáscara más lisa que la arena de granos angulares.

Respecto de la **combinación con la resina**, la arena elegida debe ser aquella en la que un mínimo de resina provee un molde lo suficientemente fuerte.

La resistencia del molde depende de la **unión entre los granos** y es esencial que esta unión sea lo más compacta posible.

La densidad también incrementa las características refractarias del molde.

La colada de piezas en moldes hechos con varios tamaños de granos de arena favorece la solución del problema de dilatación. A bajas temperaturas, la expansión es gradual; pero, a 573 °C se observa un rápido crecimiento.

La mezcla de diferentes medidas de grano asegura una expansión más lenta. Los granos pequeños se calientan más rápidamente y atraviesan la zona de expansión antes de que las partículas grandes hayan alcanzado la temperatura correspondiente. De no ser así, esta dilatación provoca roturas en las costras durante la colada.

Analicemos, ahora, las **resinas** plásticas empleadas para ligar los granos de arena de

un molde.

Estas resinas son termogradaables, generalmente fenólicas o ureicas. En términos amplios, ninguna de ellas puede ser expuesta a la humedad, que es perjudicial para la resistencia.

La proporción de resina varía de acuerdo a la resistencia requerida, al grano de arena y al tipo de resina. De todas maneras, se puede establecer una variación entre 3 y 8 %.

El defecto de resina produce debilidad en los moldes y que éstos sean fácilmente lavables por el metal, ocasionando arrastre de las paredes.

Hasta aquí hemos descrito las características básicas de la resina y de la arena necesarias para la obtención del molde cáscara, para que no tengamos inconvenientes en el momento de trabajar sobre el modelo.

Dada la pequeña cantidad de resina que debe ser mezclada con una cantidad grande de arena, y la diferencia de densidad y tamaño entre los granos de arena y resina, es evidente la necesidad de un **intenso mezclado mecánico**. El mezclado inadecuado es causa de fallas, sopladuras y debilidad de la cáscara o costra.

Las máquinas mezcladoras más efectivas son las de tipo molino de rodillos; generalmente, son cerradas, para evitar las pérdidas de polvo.

El mezclado implica:

- agregar la resina en polvo a la arena, para

una mezcla seca;

- incorporar, luego, un solvente (alcohol etílico), a fin de que cada grano quede recubierto de una película de resina;
- continuar el mezclado hasta deshacer los grumos formados y
- evaporar el exceso de solvente.

La temperatura no debe exceder los 50 °C, para evitar el fraguado de la resina.

En casos menos delicados, se realiza la mezcla seca, en la que no se usa un solvente, sino solamente un aglomerante humectante -gas oil o kerosén-, que pegan la resina a la arena.

**2.2. Los moldes.** El procedimiento para la fabricación de moldes y noyos para fundición por el método de moldeo en cáscara involucra una serie de pasos:

- La placa modelo y el plato se calientan de 250 °C a 300 °C.
- Se efectúa la mezcla arena-resina.
- Se coloca la mezcla en la caja de volteo. Se asienta la placa invertida en la caja. Se voltea la caja, de manera que la carga de arena-resina caiga sobre la cara caliente de la matriz, causando el fraguado parcial de la resina sobre la superficie del modelo y formando una cáscara semicurada.
- Se vuelve la caja a su posición original. La mezcla de arena y resina que no se ha adherido a la matriz y no ha fraguado, vuelve a caer en la caja y puede ser usada nuevamente. Se extrae la placa con la cáscara semicurada adherida.

- Se vuelven a colocar la matriz y la cáscara en una mufla mantenida entre 260 °C y 320 °C, durante 1 a 3 minutos, para su total curado.
- Se separa la costra de la matriz, mediante tornillos extractores.
- Se alinean ambas mitades del molde por sus guías de centrado y, si es necesario, se aplican los noyos respectivos. Se pegan y/o se unen con ganchos o bulones; así, queda conformado el molde. Se pueden colocar varios en forma vertical en cajas, sostenidos por medio de arena entre ellos, para evitar roturas o pérdidas.
- Se cuele el metal fundido con un molde entre los 40 °C a 94 °C, que es una temperatura más baja que para la fundición en verde. La permeabilidad permite a los gases escapar fácilmente, dando estructuras densas.
- Se puede extraer la pieza de la caja tan pronto el metal ha solidificado. Entonces, separando el molde de la pieza se observa una fina superficie, bien dimensionada y limpia. El maquinado final es reducido al mínimo y, a veces, eliminado.

**2.3. Los modelos y las placas modelo.** El modelo se puede fabricar de distintos metales: aleaciones en bases de cobre, fundición o gris, aleaciones y aceros especiales, aluminio, etc., dependiendo en general del costo previsto y de la cantidad de piezas a fabricar. El acero de alto contenido de carbono ha dado buen resultado. El aluminio, a pesar de su bajo costo de maquinado, presenta el inconveniente de la baja capacidad calorífica o alta expansión térmica, y su ten-

dencia a fracturas y distorsiones; entonces, la vida del modelo es más corta y el despegue de la costra presenta mayor dificultad.

No se aconseja usar dos o más metales en una misma placa, por la pérdida de exactitud que deriva de sus distintas propiedades físicas.

El camino más corto para la obtención de un modelo de metal es la utilización de la tecnología CNC; pero, si el modelo es de un metal muy duro, tal vez sea necesario obtener una pieza para modelo por medio de otros procesos y, luego, terminar con los mecanizados definitivos, para que resulte el modelo adecuado a la producción planificada.

Estos modelos tienen una diferencia notable con los modelos tradicionales, ya que la relevancia del dimensionado de las matrices, demanda una exigencia superior, determinada por su dilatación, la dilatación de la arena de sílice, su alto pulimento y la precisión superior que se exige.

Se deben evitar los modelos con juntas o porciones soldadas o unidas; los dos semimodelos están exactamente calzados en sus placas, para evitar la aparición de rebabas o desplazamientos.

Los espesores deben ser uniformes, para equilibrar la temperatura del modelo (30 °C). La placa debe ser buena conductora del calor, suficientemente resistente a la temperatura como para permanecer a 300 °C, y soportar 500 °C o 600 °C en períodos cortos. Debe ser fácilmente maquinable, y resistente a la erosión y a la deformación.

Para extraer la cáscara curada del modelo, la

placa está provista de tornillos eyectores ubicados de tal forma que se evite la rotura o distorsión de la costra. El espacio entre eyector y placa no debe ser mayor de 5-10 mm, a fin de evitar la penetración de arena. Los eyectores son accionados, simultáneamente, por un plato móvil.

Para evitar el pegado de las cáscaras con la placa modelo, antes de entrar en trabajo ésta se recubre con una emulsión de silicona o de cera carnauba, que forma una película lubricante.

Durante el trabajo, se repone el desgaste de la película mediante el sopleteo con la emulsión diluida. Las siliconas son resistentes a la temperatura, no perjudican a la placa modelo y tampoco a la cáscara, y, sobre todo, no son carbonizables.

**2.4. El equipo.** Actualmente, el conjunto de dispositivos se obtiene en máquinas automáticas que realizan todas las operaciones.



**Estufa de curado y pegado de cáscaras**

El espesor de la cáscara está determinado por la velocidad de fraguado de la resina, el tiempo de volteo, y la temperatura y la cantidad de calor de la placa modelo.

**2.5. Los noyos.** Se fabrican en cajas metálicas calentadas a temperaturas similares y procesadas en la misma forma que las placas. Se utilizan noyerías especiales, por gravedad o por inyección de arena por aire comprimido. En estos noyos se eliminan armaduras; la permeabilidad se ve favorecida por su forma.

**2.6. Los canales de colada.** Dada la superficie pulida de la cáscara y su mayor poder aislante, el desplazamiento rápido del metal plantea problemas nuevos en la alimentación de las piezas. Los más comunes son los de turbulencia y solidificación.

El molde cáscara presenta ventajas sobre el molde en arena; básicamente, su mejor superficie y rigidez favorecen a la pieza en lo que hace a:

- **Buena terminación superficial.** No existe arena adherida; se aproxima con mayor fidelidad a los detalles del diseño, se disminuye el desgaste de herramientas en el maquinado, se evitan procesos posteriores (arenado, rebabado, decapado, etc.).
- **Mayor precisión en las dimensiones.** Se reduce el mecanizado, ahorrando metal y trabajo.

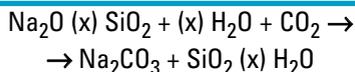
En cuanto a la fundición en sí, se trata de moldes livianos y almacenables indefinida-

mente, que no absorben humedad, de alta permeabilidad, refractariedad, que requieren poco espacio, de fácil eliminación de tierra, que permiten obtener secciones delgadas con uniformidad de estructura del metal y con fácil automatización. Estos rasgos colocan al moldeo en cáscara como reemplazante ideal del moldeo en tierra.

Sin embargo, el alto costo de las resinas, de los modelos metálicos y los gastos de instalación, hacen que sólo se use el moldeo en cáscara para piezas complicadas y en grandes series.

### 3. Método $\text{CO}_2$ - $\text{CO}_2$ Process-

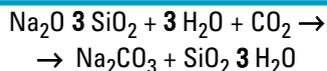
Este método comienza a usarse en 1952 y se basa en la siguiente reacción química:



Donde :

- x es 3, 4 ó 5.

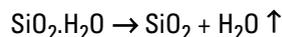
Entonces, por ejemplo, la reacción podría ser:



Si se mezcla una solución de silicato de sodio con arena, los granos de ésta se recubren de una fina película de esa solución aglomerante. Luego, si a través de esa masa silicato/arena se sopla anhídrido carbónico, éste reacciona con el silicato de sodio y comienza un proceso de gelificación que logra que los granos de arena se unan fuertemente, pues en sus puntos de contacto se ha formado

silice coloidal, además de carbonato de sodio.

El agua que contenía el silicato ha quedado atrapada en la masa de sílice. El ácido silícico, ácido débil, es completamente desplazado de la sal por el anhídrido carbónico. Al colar el metal, se separa la molécula de sílice por el desprendimiento del agua:



Queda, así, en forma de sílice amorfo de poco poder aglomerante.

El carbonato de sodio confiere parte de la cohesión al noyo. Es necesario tener cuidado de no exceder el anhídrido carbónico insuflado.

#### Silicato de sodio

El silicato de sodio tiene muchas propiedades útiles que no pueden ser obtenidas con ninguna otra sal alcalina. El silicato de sodio es ampliamente usado en industrias como la de detergentes y jabones, papel y cartón, ingeniería civil, tratamiento de agua, cementos, defloculantes, adhesivos, aislamiento de tuberías, excavación de suelos de pozos petroleros, fundición, limpieza de metales, aglomeración y pastillaje, flotación de minerales, entre otros.<sup>12</sup>

¿Cuál es la tecnología del método  $\text{CO}_2$ ? El mezclado de la arena con el silicato se realiza fácilmente en máquinas de baja potencia, por cuanto en los componentes no existe poder aglomerante.

<sup>12</sup> [www.glassven.com/silicatosdesodio\\_esp.asp](http://www.glassven.com/silicatosdesodio_esp.asp)

Dadas la característica del proceso, se aconseja el uso de arenas exentas de finos y arcillas.

La construcción de moldes no presenta variaciones con respecto al moldeo en tierra, excepto en lo que se refiere a la inyección del anhídrido carbónico, que implica la inclusión de cajas y de modelos con perforaciones para entrada y drenaje del gas, y el control de la presión y del tiempo de aplicación del gas.

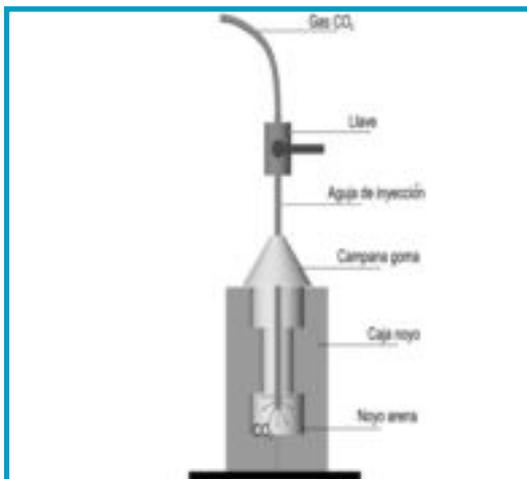
En cuanto a la construcción del molde, su compactado es más débil pues sólo cumple la función de hacer que la tierra llene todas las cavidades del modelo o caja de noyos: La resistencia viene dada por la transformación físico-química de la reacción y no por la cohesión del compactado.

Los dispositivos para la inyección del anhídrido carbónico son variados y van desde simples agujas perforadas hasta campanas de goma y planchas para inyección simultánea y/o automática; se utilizan botellas de CO<sub>2</sub> o convertidores de hielo seco.

El método presenta importantes ventajas sobre los convencionales: eliminación de estufas de curado, fácil manipulación en áreas reducidas, reducción del compactado, velocidad de producción, limpieza, etc.

En cuanto al resultado, el molde o noyo en sí presenta alta resistencia mecánica, muy buena permeabilidad, buena precisión y, sobre todo, baja evolución de gases y vapor. La colapsabilidad (destrucción por temperatura y vapores luego de la colada) y la refractariedad se pueden ver afectadas por el exceso de anhídrido carbónico que genera demasiado carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>); este aglomerante no pierde su propiedad con el calor y, en el caso de los noyos, perjudica la colapsabilidad. Para resolver este problema se suele agregar un colapsante a la mezcla arena-silicato; por ejemplo, carbón, mogul, melaza u otro orgánico.

Mediante este método se pueden obtener noyos huecos o rellenos de material inerte, y moldes cáscaras del tipo *shell molding*.



Conjunto para inyectar CO<sub>2</sub> en moldes y noyos

#### 4. Fundición de precisión por revestimiento - *Investment precision casting*

Este método no es nuevo; ha sido empleado con el nombre de *cera perdida* durante varios siglos, sobre todo en la fabricación de estatuas y en la joyería. Lo cierto es que, hace varios años, viene avanzado tecnológicamente y ha llegado a brindar importantes aportes, especialmente en la obtención de piezas altamente precisas y bien terminadas, y en la colada en moldes de metales de alto punto de fusión e imposibles de mecanizar

por su extremada dureza.

Someramente, el método consiste en:

- Recubrir un modelo de cera con una pasta refractaria fluida y, luego, con una o dos capas más consistentes.
- Colocar el modelo, así recubierto, dentro de un recipiente de metal o de papel encerado.
- Llenar el recipiente con material refractario.
- Completar el compactado en mesas vibratorias que eliminan parte del agua de la mezcla refractaria.
- Logrado esto, someter el modelo y el recipiente con material refractario al calor de estufas; éstas, alcanzan a fundir la cera, la que escurre por el agujero de colada previsto. De esta manera, la cavidad del molde queda perfectamente formada; precisamente, de la forma del modelo de cera.
- Llevar el molde a una temperatura próxima al punto de fusión del metal a colar, a fin de curarlo y de quemar el residuo de cera restante. De esta manera, queda listo para realizar la colada del material.



**4.1. Los moldes y modelos.** El modelo alrededor del cual se forma el molde final refractario puede ser de cera, plástico o mercurio.

Como para cada molde se requiere un modelo, la forma de fabricación debe ser rápida y, además, asegurar las dimensiones estrictas propias del método. Por lo tanto, cuando la cantidad de modelos a obtener es grande, los modelos se logran por moldes similares a los que se utilizan para plásticos, que son de acero, bronce o aluminio.

Para cantidades menores de modelos, los moldes necesarios se fabrican con metales de bajo punto de fusión; por ejemplo, algunas aleaciones características son: estaño 40 %, bismuto 60 %, que tiene la ventaja de no presentar contracción pues el bismuto dilata al enfriar compensando la contracción del estaño; o, 25 % de plomo, 50 % de bismuto y 25 % de estaño.

Estos moldes de metales blancos para modelos de cera se fabrican con bastante facilidad, pues pueden colarse en cajas preparadas con plásticos y un modelo patrón, y requieren un mínimo trabajo posterior de terminación.

Existen otras formas de obtener moldes para modelos de cera; por ejemplo, mediante el sopleteado de un plástico y de metal en polvo (aluminio, zinc, cobre) sobre un modelo patrón, con una mezcla de grafito y azufre para pequeñas cantidades de modelos, y con plásticos París, cloruro de polivinilo o caucho.

Como usted ve, la matriz está fuertemente condicionada por la cantidad de modelos a

obtener de ella.

En esta etapa, el **modelo patrón** -de madera, aluminio, acero, etc.- es de fundamental importancia, pues debe contemplar en él todas las variaciones dimensionales, hasta llegar a la pieza definitiva:

- Construcción del molde para modelos, basándose en él.
- Llenado del *molde para modelos* con cera líquida, mercurio o plástico, teniendo en cuenta su contracción al solidificar.
- Revestimiento del modelo obtenido con refractario y curado.
- Contracción del metal al solidificar.

Todo esto, dentro del marco de precisión del orden de las cinco centésimas de milímetro y de aún menos.

El modelo se obtiene en prensas de inyección -en general, neumáticas- que llenan el molde para modelos con las distintas ceras fundidas. Estos moldes son de características similares a los utilizados en inyección de plástico y son considerados permanentes, ya que de ellos se van a realizar miles de modelos.

Las ceras utilizadas son de origen animal, vegetal o mineral; y, en el caso de plásticos, se usan polímeros bajos en estireno.

De acuerdo con lo intrincado de la pieza, se eligen ceras de diferente rango de dureza, o se varía la temperatura para darles más o menos fluidez.

En el caso de los modelos de mercurio, se

utiliza un baño de cloruro de metileno que se mantiene a  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por medio del hielo seco ( $\text{CO}_2$  sólido). En él se sumerge la matriz -previamente limpiada con acetona- y ya llena de mercurio. Congelado el modelo de mercurio, se lo extrae de la matriz para su revestimiento.

El material refractario para el revestimiento del modelo se conserva en un refrigerador, a baja temperatura. El trabajo posterior se realiza en atmósfera fría.

La extracción del mercurio se efectúa, simplemente, llevando el molde a temperatura ambiente. Otra forma más rápida es hacer pasar una corriente de mercurio líquido sobre el modelo congelado. Las trazas de mercurio que pudieran haber quedado en el molde se eliminan por vaporización, durante el curado.

Las ventajas del modelo de mercurio sobre el de cera son sus propiedades mecánicas superiores, ya que con él se pueden moldear piezas de más de 30 kg.

Los moldes toman carácter cerámico dada la alta temperatura de curado (alrededor de  $1650\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); también presentan permeabilidad pareja y fácil control de la estructura a través de una solidificación dirigida.

**4.2. El revestimiento.** Los revestimientos se efectúan en una o dos etapas. En el caso de moldes para materiales ferrosos, en general, se aconseja separarlos en dos capas.

La capa primaria se aplica sobre el modelo de cera por inmersión o por sopleteado. Un

método común consiste en sumergir el modelo en una mezcla de silicato de sodio, agua y óxido crómico. Este último da cuerpo a la solución y deja adherida al modelo una capa de considerable espesor, de apariencia cremosa y muy uniforme.

El paso posterior es un segundo revestimiento con arena seca de silimanita (silicato de aluminio) que se sopletea con dispositivos especiales sobre la primera capa, a la que se adhiere. En otros casos se utiliza una solución de silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}_x\text{SiO}_2$ ) con una mezcla de fluoruro de zirconio ( $\text{ZrF}_4$ ) y óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), finamente divididos en suspensión. En este caso, el revestimiento secundario se realiza con moloquita.

En general, los refractarios usados incluyen cuarzo, tridimita, cristobalita, zirconita, alumina y óxidos de titanio, juntamente con arena silícea -que, por lo común, constituye el resto del molde-.

**4.3. El llenado del molde.** Una vez revestido el modelo, se pega con cera a una plancha metálica que hace de fondo del molde. Al efecto, se ubica una camisa alrededor del modelo; esta camisa está fabricada en papel encerado o metal (estos últimos se extraen antes de curar el molde).

Colocada la camisa, se llena el molde sobre una mesa vibratoria, con el material refractario. En general, se aplican frecuencias de 300 vibraciones por minuto y amplitudes del orden de los 4 milímetros. Esto permite que las partículas se compriman, y expulsen el líquido y el aire en exceso. El molde permanece vibrando alrededor de 40 minutos.

En algunos casos, durante el proceso de consolidación por vibrado se aplica vacío, a fin de acelerar la expulsión de agua y aire. Sin embargo, esto debe de hacerse con sumo cuidado, pues la falta de presión puede hacer hervir el agua y producir vapor, con el consiguiente deterioro del molde.

Otro inconveniente es la falta de permeabilidad que surge como consecuencia de la eliminación de los espacios intergranulares. En este compactado final ha tenido mejor resultado el centrifugado, que no presenta estos inconvenientes.

**4.4. El vaciado y el curado.** El primer curado que sufre el molde es a los efectos de eliminar la humedad libre y de fundir la cera del modelo, después que han tenido lugar las reacciones químicas propias del molde que lo tornan consistente. Se realiza en hornos continuos de túnel o en estáticos, que poseen sistemas de recolección de la cera fundida.

La temperatura oscila alrededor de los 90 °C, dependiendo del tipo de cera. El tiempo de curado inicial oscila entre las 24 y 48 horas, según el aglomerante.

El segundo tratamiento del molde se realiza entre los 700 °C y 1000 °C. En él se terminan de consolidar y de eliminar los restos de cera que pudieran haber quedado. Para metales de alto punto de fusión, la temperatura del molde se lleva próxima a aquel. Algunos no ferrosos (aluminio, bronce al manganeso, cobre y sus aleaciones) deben ser levemente enfriados. Cada enfriamiento o calentamiento encierra, en sí, el peligro de la rotura del molde.

**4.5. La colada.** La colada se puede efectuar a presión, por centrifugado o por gravedad. Existen pequeños hornos adaptados al método que facilitan y aseguran la perfecta colada.

Los defectos más comunes en este momento son la falta de llenado, causada por la baja temperatura del metal, o la falta de empuje en la fundición a presión.

Para eliminar estos defectos deben estudiarse a fondo las coladas y los canales.

**4.6. La distorsión de la pieza.** En general, la distorsión de la pieza es causada por la distorsión del modelo de cera. Algunas de las causas de esta distorsión del modelo pueden ser:

- extracción prematura del molde,
- manipulación inadecuada,
- malas condiciones del depósito, mala ubicación en estanterías y mala temperatura (lugares cálidos afectan la cera),
- exceso o defecto de lubricante en la matriz,
- revestimiento primario defectuoso, grueso o agrietado,
- calentamiento y/o enfriamiento rápidos,
- vibración insuficiente del molde.

Las distorsiones que se pueden manifestar son variadas; las más comunes resultan las variaciones bruscas de sección, o la superficie rugosa o con marcas.

Enumeremos, ahora, algunas de las **ventajas**

de este método de precisión por revestimiento, respecto de los convencionales:

- Los metales o aleaciones demasiado duros para maquinar pueden ser fundidos con tolerancias estrictas.
- Las piezas demasiado intrincadas para maquinar se pueden fundir de la forma deseada, eliminando el maquinado y desplazando totalmente al moldeo convencional.
- Terminación fina de alto grado, que reproduce la del modelo.
- Realización de objetos en una sola pieza, evitando ensambles.
- Control metalúrgico de la calidad de la pieza.

Como **desventajas**, podemos citar:

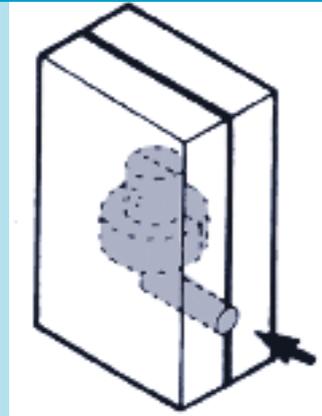
- Alto costo, en relación con otros métodos.
- Tamaño limitado de las piezas.
- Aunque los metales a fundir incluyen todas las aleaciones, existen algunos problemas de piel -problemas de la superficie de contacto con el molde- en el bronce, el plomo y en algunas aleaciones de zinc.

**4.7. La secuencia del conformado de una pieza.** Ésta se desarrolla en los siguientes momentos:

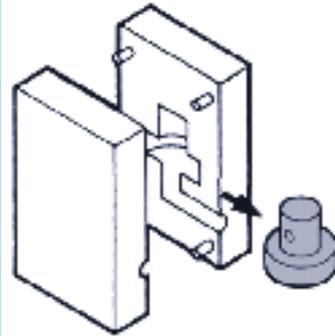
- Llenado del molde para modelo con cera fundida. Obtención del modelo.
- Armado del árbol de modelos. Se pegan

con cera varios modelos al sistema de colada y a la placa base del molde. Se obtiene el árbol de modelos, "el molde" de donde se lograrán varias piezas, cuya forma y dimensiones son controladas en el modelo.

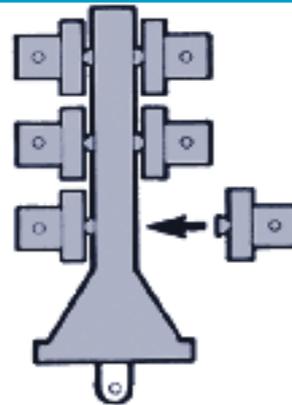
- Primer revestimiento sobre el árbol de modelos, hasta obtener una apariencia cremosa. También se puede hacer sumergiendo el modelo en un baño.
- Revestimiento secundario, más grueso que el anterior. Se puede aplicar en baño seco (partículas en suspensión por colchón de aire), por sopleteo o por inmersión en baño húmedo.
- Colocado del árbol modelo revestido dentro de un recipiente metálico (desmontable) o de papel encerado (perecedero). Volcado en el material refractario adecuado, colocándolo, durante varias horas, sobre una mesa vibratoria (compactado).
- Fundido de la cera del modelo, en la estufa. Posteriormente, en hornos adecuados, se vaporizan los restos de cera y se cura el molde a la temperatura requerida para cada material, quemándose el recipiente exterior (papel encerado).
- Obtención del molde terminado, listo para colar.
- Colada por gravedad. Se puede efectuar a presión o por centrifugado.
- Destrucción del molde.
- Obtención de la pieza terminada.



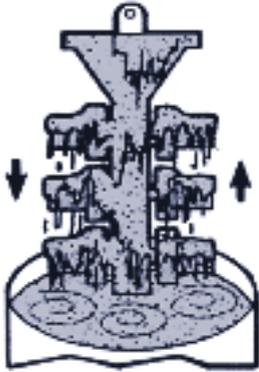
**Llenado del molde**



**Obtención del modelo**



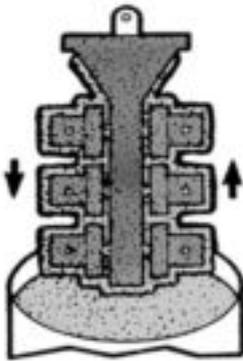
**Armado del árbol de modelos**



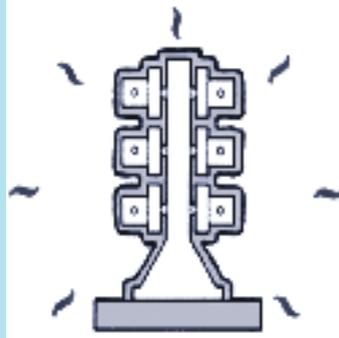
*Primer revestimiento*



*Fundido de la cera, en la estufa*



*Segundo revestimiento*



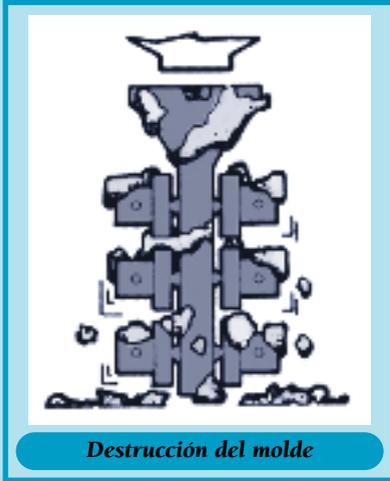
*Obtención del molde*



*Ubicación dentro del recipiente metálico*



*Colada por gravedad*



*Destrucción del molde*



*Pieza terminada*

### **Algo más sobre las ceras**

(...) El proceso de la cera perdida no es nada nuevo. Sus orígenes se establecen hace varios miles de años, cuando los artesanos chinos usaban esta técnica para fabricar joyería e intrincadas piezas de arte.

La cera de abeja se adecuaba a sus propósitos, ya que estos primeros artesanos no se preocupaban mucho por tener una alta producción o definición, ni por mantener precios bajos. Los modernos joyeros, en cambio, demandan más y esa es la razón por la cual las actuales ceras no son mezclas simples.

(...) las parafinas puras son de bajo costo. Fluyen muy bien, con puntos de fusión típicos entre 55 °C y 60 °C. Sin embargo, las parafinas están compuestas por cristales largos y, por lo tanto, son secas y quebradizas. Usted puede comprobar esto, fundiendo e inyectando todas las velas de cumpleaños que encuentre en el cajón de su cocina. Si logra sacar un modelo, seguramente se quebrará cuando trate de retirarlo del molde de hule.

### **Características de las ceras**

Las ceras modernas de inyección son complejas mezclas con el menor punto de fusión posible. Esto significa que el punto de fusión del producto final es menor que la suma de los puntos de fusión de todos sus componentes. Ésta es solamente una de las propiedades que deben ser consideradas para la formulación de una buena cera para joyería.

Algunas otras son:

- **Dureza de penetración.** Normalmente, se mide en milímetros. Las pruebas determinan qué tan profundo entra una aguja en la cera a una presión determinada (...).
- **Viscosidad o fluidez.** Cuanto menor sea la viscosidad, mayor será la fluidez de la cera caliente. Las ceras con mayor fluidez logran más detalle del molde y se inyectan mejor en secciones muy delgadas, sin endurecerse ni obstruir.
- **Contenido de cenizas.** La ceniza está compuesta por los residuos microscópicos que deja la cera al derretirse y escurrir (...); estos residuos no deberían ser mayores al 0.015 % del peso, ya que pueden causar porosidad e inclusiones en el vaciado.
- **Encogimiento.** No todas las ceras encogen igual cuando se enfrían. Las ceras que menos encogen tienden a ser duras y menos dúctiles. Poco encogimiento es un factor importante cuando se vacían piezas largas o secciones gruesas.
- **Ductilidad. Resistencia y flexibilidad.** Estas propiedades se relacionan con qué tan bien la cera se saca del molde y qué tanto el modelo final puede ser manejado. Si el modelo no es suficientemente resistente, las secciones pequeñas se romperán o no mantendrán su forma (...).
- **Autolubricación.** Ceras que son pegajosas o chiclosas no se despegarán correctamente del molde.
- **Duración.** Si la duración de la cera no es buena, después de la inyección, el modelo se secará y se volverá quebradizo (recuerde mantener las ceras a temperatura ambiente, lejos de fuentes de calor, como los rayos del sol, o del frío).
- **Formas y colores.** Los joyeros, frecuentemente, juzgan la cera por su color. Lo irónico es que todas las materias primas usadas en el producto final son blancas, amarillas, ámbar o café. Los rosas, azules u otros colores son el resultado de añadir colorantes mientras se hace la mezcla.

Es importante notar que las materias primas que se compran en las refinerías pueden variar de color, de un pedido a otro<sup>13</sup>.

Comenzamos, ahora, a analizar procesos que implican moldes permanentes; incluimos con este nombre a todo sistema que utiliza moldes que se usan numerosas veces, es decir, que no deben ser destruidos para

extraer la pieza fundida.

Los moldes son metálicos y se los conoce con el nombre genérico de **coquillas**.

<sup>13</sup> [www.diamantex.com](http://www.diamantex.com)

## Fundición en moldes permanentes

5. Por gravedad

6. Por escurrido

7. A presión

8. A depresión

9. Centrifugada

## 5. Fundición por gravedad

Este sistema, utilizado para fundir metales no ferrosos, consiste en volcar el metal en un molde metálico o matriz, para su llenado. Presenta numerosas ventajas sobre el molde de tierra y, también, algunas limitaciones que analizaremos.

La producción es más rápida, dimensionalmente constante, de excelente aspecto superficial y con buenas características mecánicas. La mano de obra no debe ser especializada, el espacio requerido es mucho menor y, una vez puesta a punto la matriz, el trabajo se reduce a verter el metal y a abrir la coquilla para extraer la pieza, a volverla a secar y a colar nuevamente. El enfriado rápido refina el grano, lo que permite obtener buenas características metálicas.

El principal problema reside en la confección y en la puesta a punto del molde; porque, en estas tareas no sólo inciden los cuestiones de forma y de dimensión, sino que deben estudiarse y resolverse los efectos de contracción y de solidificación a través de coladas y mazarotas, que -debido al enfriamiento rápido, a la velocidad de desplazamiento del

metal y a la falta absoluta de plasticidad del molde- adquieren especial importancia, sumados a los problemas metalúrgicos propiamente dichos (segregación, microrechupes, cristalización basáltica, etc.).

**Mazarota:** Dispositivo utilizado para compensar la contracción del material fundido durante su solidificación.



**Pistón**

Antes de colar, se reviste la coquilla con una especie de pintura (En unas páginas más nos referimos a esta pintura con más detalle) que tiene la virtud de ayudar al desplazamiento del metal en el molde, evitar que se ataque la coquilla y, a veces, regular la velocidad de enfriamiento. Esta especie de pintura está preparada a partir de grafito, agua y, en algunos casos, de silicato de sodio y caolín, entre otros componentes.

La matriz se coloca en máquinas que tienen previsto el cierre y la extracción de la pieza terminada, a través de pernos móviles expulsados en forma neumática, hidráulica o mecánica.

## 6. Colada en coquilla por escurrido

Este método tiene una escasa aplicación industrial -excepto en el ramo de la jugetería-. Consiste en volcar la coquilla una vez que el metal que la llenaba ha comenzado a solidificarse. Con esto se logra una delgada pared que sigue el perfil exterior.

Se aplica siempre que se requiera una buena terminación exterior, y poca o ninguna interior.

## 7. Colada en coquilla a presión

En este tipo de molde el metal es inyectado o forzado a penetrar en una matriz mediante aire comprimido u otro método, en una máquina destinada al efecto.

Las presiones usadas son altas; en algunos casos, superan los  $560 \text{ kg/cm}^2$  (8000 psi).

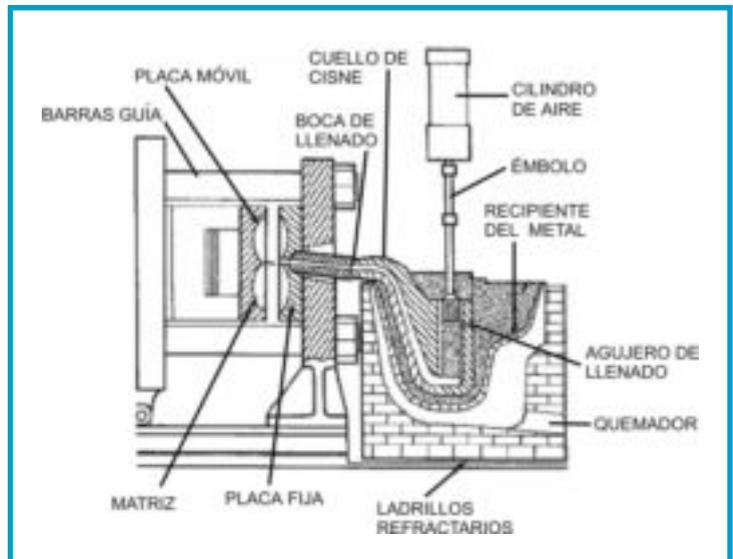
Existen tres tipos principales de máquinas:

- las de pistón en cámaras calientes,
- las de inyección por aire comprimido,
- las máquinas de cámara fría.

Las **máquinas de pistón en cámaras calientes** se usan, fundamentalmente, para aleaciones de zinc o de menor punto de fusión. En ellas existe un recipiente con metal fundido -mantenido a temperatu-

ra mediante quemadores apropiados- dentro del cual está sumergido un cilindro fijo, terminado en un canal firmemente conectado a la matriz. El émbolo se mueve dentro del cilindro. Cuando el pistón se eleva, deja libre una abertura del cilindro por la que penetra el metal fundido, hasta llenarlo. Mediante aire comprimido o fuerza hidráulica, el émbolo fuerza al metal a penetrar en la matriz cerrada. En cuanto el metal ha solidificado, vuelve el pistón, se abre la matriz y se eyecta la pieza terminada.

La precisión varía entre 105 y  $140 \text{ kg/cm}^2$  (1500 a 2000 psi). Debido a que el cilindro queda sumergido en el metal fundido, no se usan aleaciones que pueden disolver hierro o acero.



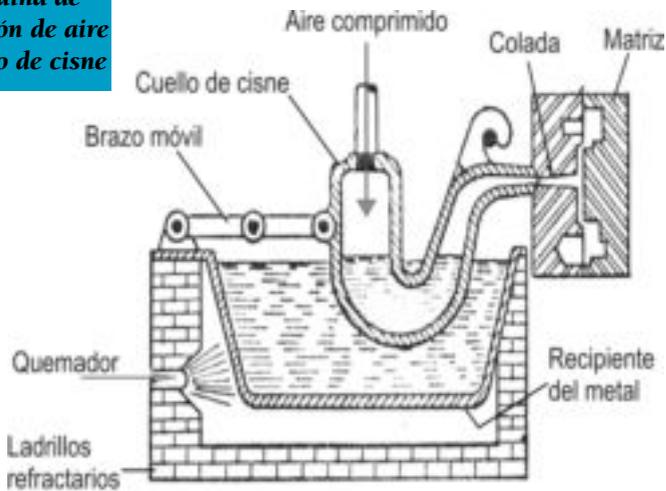
**Fundición a presión en cámara caliente**

Las **máquinas por inyección de aire** constan de un recipiente con metal fundido y con un elemento, conocido como cuello de cisne, que se conecta con el molde metálico para su

llenado, a través del pico de colada. Una vez lleno, se introduce aire a presión dentro del cuello entre 21 y 42 kg/cm<sup>2</sup> (300 a 600 psi) y el metal es inyectado a través del canal dentro del molde. Una vez llena la pieza, se separa el cuello introduciéndolo en el metal fundido para volverlo a llenar. Enfriada la pieza, se abre la matriz y se eyecta.

de la máquina y colarse con un cucharón apropiado. Apenas llena la cámara, el pistón avanza, cierra la puerta de colada y fuerza el metal dentro de la matriz a presiones que van: para el aluminio, de 210 a 560 kg/cm<sup>2</sup> (3.000 a 25.000 psi), y para el bronce y otras aleaciones a base cobre, de 560 a 1.750 kg/cm<sup>2</sup> (8.000 a 25.000 psi).

### Máquina de inyección de aire a cuello de cisne

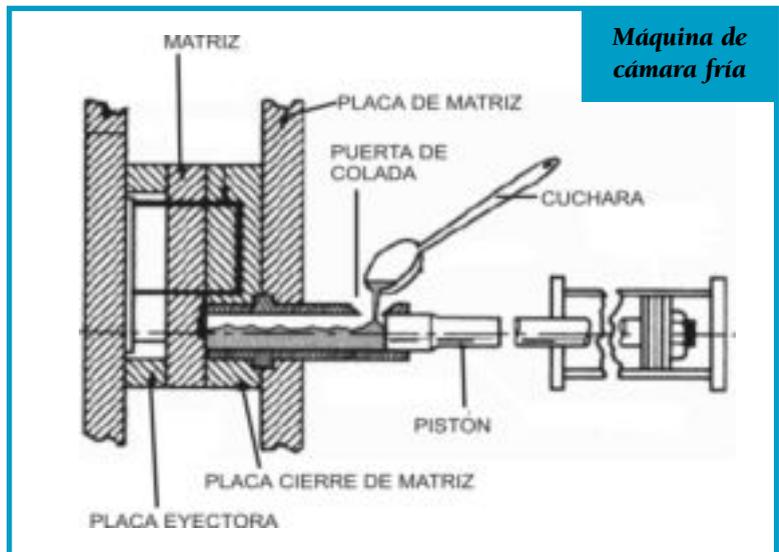


Como las aleaciones no permanecen mucho tiempo en el cilindro, ni éste ni el pistón se ven afectados. El metal sobrante es eyectado de la colada por el mismo pistón, una vez abierta la matriz.

En general, esta máquina se usa para aleaciones de alto punto de fusión; en cambio, la cámara caliente es de óptimo resultado para las de bajo punto de fusión.

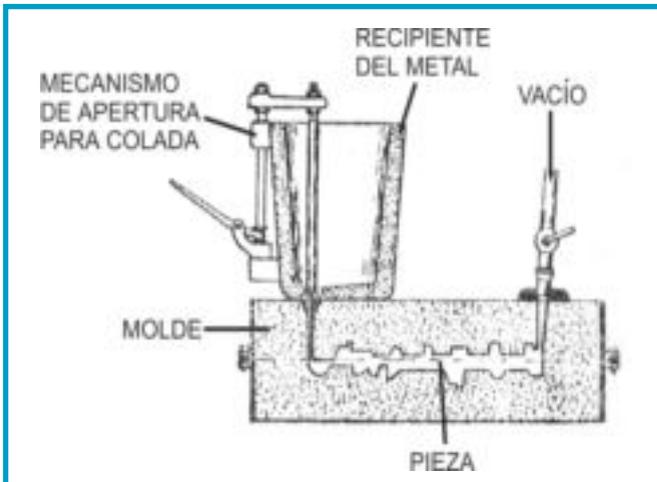
Estas máquinas son muy utilizadas para el aluminio.

Las **máquinas de cámara fría** se diferencian de las de pistón en el hecho de que el cilindro no está sumergido en el metal fundido. En ellas, el metal se cuela dentro de la cámara fría, algo en exceso, a través de una puerta o canal abierto al efecto; para esto, debe tenerse fundido en la proximidad



### Máquina de cámara fría

## 8. Fundición a depresión



**Fundición a depresión**

En la industria de piezas para aeronáutica suele requerirse una seguridad extrema, en cuanto a la inexistencia de sopladuras (burbujas de aire) u óxidos en la estructura del metal. Esta necesidad genera la colada en moldes metálicos, totalmente estancos en los que se efectúa el vacío.

El metal, adosado a la matriz, es succionado por ésta hasta llenar la cavidad. También se aplica a moldes de tierra y cerámicos.

La extensión del uso de este método no es grande, debido al alto costo del procedimiento y de los moldes, y, sobre todo, a su especificidad.

## 9. Fundición centrifugada

Otro método para asegurar la limpieza del metal, que facilita la obtención de piezas de revolución, sanas y de estructura compacta, es

el centrifugado. Se aplica, básicamente, en la fabricación de caños sin costura y de cojinetes.

Una vez colado el metal durante la colada, consiste en provocar un movimiento de rotación en el molde o matriz, a fin de generar una fuerza centrífuga que fuerce al metal contra las paredes del molde. Las partículas livianas (óxidos o escorias) se separan por densidad.

Una variante de este método consiste en provocar la rotación del metal, dejando fijo el molde, lo que se efectúa mediante paletas que se introducen en el metal líquido.

## Los moldes metálicos

En general, los moldes se construyen de acero aleado y constan de dos mitades:

- la de cierre  
y
- la eyectora.

La **mitad de cierre**, ubicada hacia la entrada del metal, se fija sobre la placa estacionaria de la máquina; la otra, sobre la que queda adherida la pieza terminada, se desplaza junto con la placa móvil. La mitad de cierre está dotada de los canales de entrada del metal a la o a las cavidades. La eyectora posee los mecanismos para expulsar la pieza, una vez solidificada.

La línea de unión entre ambas se denomina división y, generalmente, es un plano a ángulos rectos con la dirección de movimiento de la mitad eyectora. En esta mitad también van montados los mecanismos de colocación y de expulsión de los noyos que, junto al mecanismo de expulsión, forma la caja expulsora o base de matriz -generalmente, de hierro fundido-; su accionamiento puede ser manual o hidráulico.

Las coladas deben poseer pequeños agujeros para el escape de aire que encierra el metal al entrar.

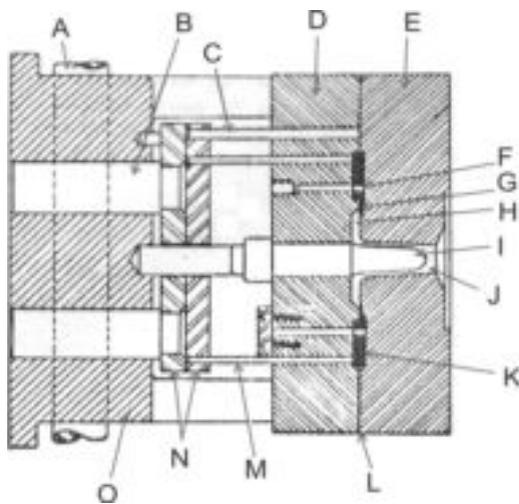
En muchos casos, se requiere refrigerar la matriz. Esto se hace a través de canales abiertos en su masa. En el caso del latón y de otras aleaciones en base de cobre, se utiliza una cámara adjunta con circulación de agua, que refrigera por conducción.

Los moldes pueden ser simples, múltiples o

combinados; éstos contienen, respectivamente: una, varias iguales o distintas piezas que se cuelean en simultáneo.

Entre las **ventajas** de la fundición a presión se pueden citar: el poco espacio requerido, la rapidez de producción, la utilización de mano de obra no especializada y la baja cantidad de rechazos. Con respecto a la pieza en sí, se obtiene una terminación inmejorable, incluso con detalles complicados, es posible realizar pequeños agujeros y obtener un dimensionado de precisión; los no ferrosos, en general, mejoran su estructura y se pueden obtener en secciones más delgadas que con los demás métodos.

Como **desventajas** ocasionadas: el alto costo de los moldes, la limitación a metales no ferrosos, cierta porosidad que puede aparecer en las secciones gruesas y el tamaño limitado de las piezas -con relación a la máquina a utilizarse-.



**Molde metálico**

- A. Piñón.
- B. Tope.
- C. Perno de superficie para volver el plato eyector a la posición de colada.
- D. Porción eyectora.
- E. Porción de cierre.
- F. Noyo fijo.
- G. Ataque de colada.
- H. Canal de colada.
- I. Perno de colada.
- J. Cavity de colada.
- K. Cavity de la matriz.
- L. División.
- M. Tornillo eyector.
- N. Plato eyector.
- O. Base de matriz.

A fin de ilustrar las relaciones entre los distintos métodos y orientar hacia el más conveniente en cada caso, presentamos el siguiente cuadro comparativo:

<b>Comparación entre los métodos de fundición</b>						
	<b>Tierra</b>	<b>En cáscara o <i>shell</i> molding</b>	<b>Molde permanente</b>	<b>A presión</b>	<b>Centrifugada</b>	<b>Cera perdida</b>
Costo relativo, en grandes cantidades	Medio	Medio	Bajo	Mínimo	Alto	Muy alto
Costo relativo, en pequeñas cantidades	Mínimo	Alto	Alto	Muy alto	Medio	Bajo
Peso máximo de las piezas	Ilimitado	30 kg	45 kg	12 kg	Varias toneladas	2 kg
Mínimo espesor en mm	3	1.2	3	0.8	12	0.12
Tolerancias dimensionales típicas (mm)	1.5	0.8	0.7	0.25	1.5	0.25
Aspecto superficial relativo	El peor	Bueno	Bueno	El mejor	Regular	Muy bueno
Propiedades mecánicas relativas	Regulares	Buenas	Buenas	Muy buenas	Las mejores	Regulares
Facilidad para piezas muy complejas	Regular	Buena	Regular	Buena	Pobre	La mejor
Facilidad para cambiar diseño en producción	Mejor	Pobre	Pobre	Mínima	Buena	Buena
Aleaciones que se pueden fundir	Ilimitadas	Ilimitadas	Base de Cu o de menor punto de fusión	Base de Al, Cu y de punto de fusión	Ilimitadas	Ilimitadas

# Algunas normas de diseño para producir piezas metálicas

Se pueden esgrimir diferentes motivos para que las piezas metálicas sean conformadas de determinada manera; pero, hay una norma que en ningún ámbito laboral debe dejarse pasar por alto: Una estrecha colaboración entre sectores.

En el caso de la fundición, es importante la relación entre el diseñador, el modelista y el fundidor del sector de fundición, si se quiere que las piezas resulten de la calidad esperada, adecuadas a las aplicaciones para las cuales han sido proyectadas y a los esfuerzos para los que han sido calculadas.

Vamos a adelantar algunas consideraciones a tener en cuenta para arribar a un buen fin en relación con:

1. Problemas referidos al estado técnico, tecnológico y de las capacidades de los integrantes de la empresa.
2. Problemas relativos a la economía y al buen empleo de los materiales de la pieza.
3. Problemas relativos al trabajo mecánico de la pieza.
4. Problemas metalúrgicos, relativos a las características tecnológicas del material de las piezas.
5. Problemas económicos, y de la simplificación del modelo y del moldeo.
6. Problemas relativos al impacto que producen en el medio la producción de la pieza y la pieza misma.

## 1. Problemas referidos al estado técnico, tecnológico y de las capacidades de los integrantes de la empresa

Los acontecimientos económicos influyen notablemente en estos aspectos.

La industria argentina en las últimas dos décadas sufrió -en cada uno de sus sectores- un aumento considerable de competencia extranjera. Esto provocó un fuerte achicamiento en todos los sectores productivos. En el caso de la producción de piezas metálicas, ésta se vio deprimida, por ejemplo, por la disminución de la producción de vehículos por las plantas automotrices y, desde ya hace tiempo, por conceptos de diseño de los vehículos -principalmente, por sus tamaños, más pequeños, de menos peso y con menos metal; además de una creciente utilización de materiales sustitutos de los metales; un ejemplo de esto es el cambio de los paragolpes metálicos cromados (década del '80), por paragolpes en plástico-.

A esta situación le debemos sumar, además, los costos de cumplir con las reglamentaciones ambientales vigentes, los que -por falta de tecnología propia- implican valores económicos que han sido muy difíciles de amortizar por las empresas locales.

Así, los niveles de producción de la industria argentina cayeron bruscamente desde el año 70 al 90. Tal fue la caída que, para principios de la década del '90, un tercio de las fundiciones había cerrado.

Luego, sufriría la devaluación económica

durante 2001 y 2002. Pero, la década -ayudada por diferentes hechos históricos y por un reinicio en la producción de autos en las terminales automotrices, construcciones y fabricaciones varias de aceros- va registrando aumentos en la demanda de piezas y, con ellos, una recuperación económica.

Esta recuperación se ve reflejada en 2003, que arroja un volumen de piezas fundidas de 93.000 toneladas, que no se manifestaba desde 1998.

Todo indica que la industria vuelve a ganar impulso en nuestro país; pero, se detectan dificultades al momento de incorporar nuevas personas al sistema.

La industria del metal a escala mundial se enfrenta, hoy, a un gran problema: la competencia; y ésta proviene, principalmente, de países de escalas salariales menores en los que las normas ambientales no se cumplen, factores que les permiten disminuir el costo de sus productos.

Además de la competencia en cuanto a los modos de producción, también existe una competencia de utilización de materiales en los nuevos productos manufacturados; es decir, el reemplazo de la fundición de metales por materiales y procesos alternativos, plásticos o materiales compuestos, u otros procesos de trabajo del metal, tales como la forja y la soldadura.

Las buenas prácticas ambientales que se deben establecer en las operaciones de la industria y en el manejo de la polución y de los productos de desecho, son cada vez más

costosas y achican las ganancias. Esta situación plantea coyunturas en las que se deben tomar decisiones muy importantes. Tal vez, un tiempo atrás, la preocupación era comprar equipamiento nuevo y capacitar al personal; ahora, además, se debe comprar un equipo que cumpla con las normas ambientales, capacitar en el uso del equipo, capacitar en las normas ambientales a cumplir y realizar los cambios técnicos al respecto.

En muchos países del mundo en los que las reglamentaciones ambientales se cumplen al pie de la letra, un gran número de las fundiciones en producción tiene, dentro de sus planes, la prioridad de cambiar varios de sus procesos. Para esto, las industrias participan en actividades de I+D -investigación y desarrollo- y van incorporando nuevos adelantos tecnológicos en sus sistemas de procesamiento, de manera de mejorar la eficiencia energética, su productividad y la calidad de sus productos; invierten en I +D, de manera de lograr mejoras continuas, no sólo en busca de la mejor rentabilidad sino también del resguardo del ambiente.

Pero... Una industria que es de larga data, que no realiza inversiones de tecnología y que no produce recambio generacional, ¿puede enfrentar estos cambios?

Es importante mencionar en este sentido que, en nuestro país, existen instituciones y organizaciones en funcionamiento que son consideradas parte de la infraestructura de la industria; entre ellas, podemos destacar: INTEMA -Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, de la

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Mar del Plata-, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Departamento de Mecánica del Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Departamento de Materiales de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Facultad Regional San Nicolás de la Universidad Tecnológica Nacional, Centro de Investigación de Materiales, Casa Central del Instituto Argentino de Normalización y certificación -IRAM-, los cuales brindan apoyo y realizan proyectos de investigación en relación con la fundición de metales.

Además, debemos agregar que, en nuestro país, los profesionales vinculados a esta industria se han organizado en varias cámaras. Entre las más importantes, la Cámara de Industriales Fundidores de la República Argentina -CIFRA-, la Cámara de Industriales de Proyectos e Ingeniería de Bienes de Capital de la República Argentina -CIPIBIC-, el Centro Industrial de Las Parejas, la Asociación de Industriales Metalúrgicos de Entre Ríos -ADIMER-, la Cámara de Industriales Metalúrgicos de Río Cuarto, la Cámara Metalúrgica de No Ferrosos -CAMENOFE-, las cuales brindan soporte sobre determinados aspectos técnicos, así como también asesoramiento legal y cursos de capacitación.

## 2. Problemas relativos a la economía y al buen empleo de los materiales de la pieza

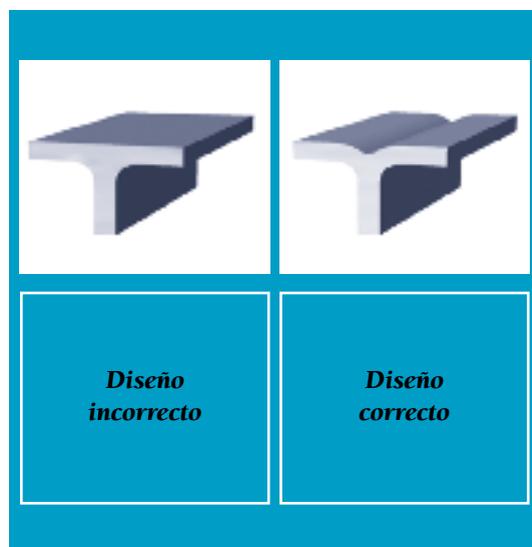
**Sustitución de paredes gruesas por paredes delgadas nervadas.** En general, aumentar los espesores de una pared en una pieza no significa aumentar proporcionalmente su

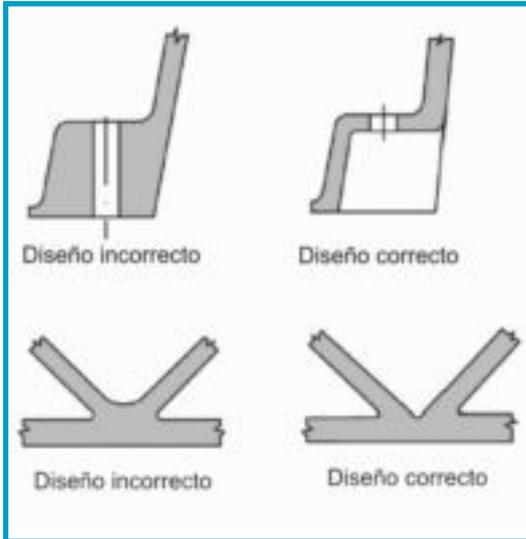
resistencia a las solicitaciones de esfuerzos a los que puede estar sometida. Por consiguiente, conviene sustituir dicha pared por una más delgada y provista de nervios. Asimismo, el hecho de disminuir espesores o de quitar material, produce una disminución de peso y, por consiguiente, una reducción en el costo de la pieza. La sustitución de paredes de gran espesor por paredes más delgadas y nervadas, permite aligerar la pieza, y aumentar la resistencia y la compactidad de las paredes.

**Igualación de espesores.** Cuando sea posible, se debe tratar de igualar y reducir los espesores, con lo cual se evitan rechupes y porosidades en las piezas.

Con el aligeramiento de los flancos y de los ajustes para pernos, se evitan rechupes y porosidades.

Con el aligeramiento de secciones en T, el metal de la figura de la derecha resulta más compacto y resistente.

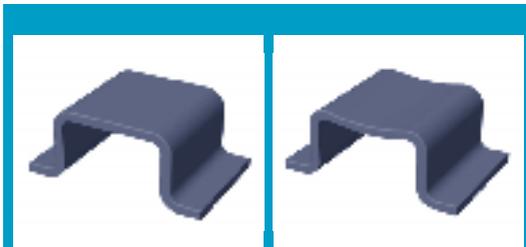




**Igualación de espesores**

**Empleo de los materiales en las sollicitaciones más adecuadas.** Los materiales fundidos tienen una elevada resistencia a la compresión, y una inferior a la tracción y a la flexión; por lo tanto, las piezas deben resolverse convenientemente.

Es necesario adaptar el diseño de las piezas a las mejores condiciones de trabajo.



*A la izquierda, la tapa está mal diseñada porque resulta sollicitada por la flexión; a la derecha, está resuelta correctamente, porque la tapa está sollicitada por compresión*

### 3. Problemas relativos al trabajo mecánico de la pieza

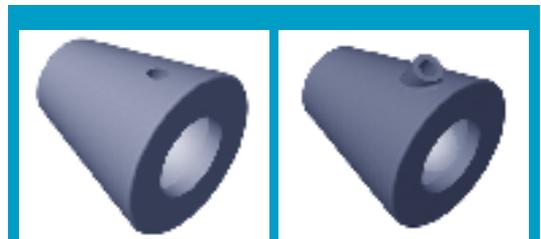
**Colocación de la pieza en las máquinas-herramientas.** El diseñador debe preocuparse por los sucesivos pasos de mecanizado que debe sufrir la pieza y por los emplazamientos sobre las máquinas-herramientas.



**Sobremetal para sujetar**

Sobre las piezas deben preverse ajustes o resaltos para su fijación en las máquinas-herramientas.

**Taladrado de agujeros.** Las mechas deben entrar en las paredes metálicas y salir de ellas perpendicularmente a las superficies planas continuas de las piezas. Si la pared a taladrar es oblicua, conviene generar ajustes planos de entrada y salida perpendiculares al eje del agujero.

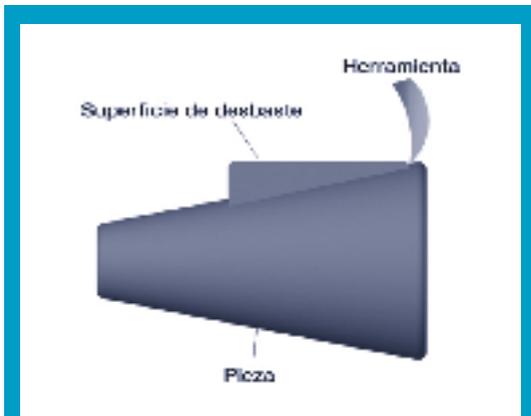


**Taladrado incorrecto**

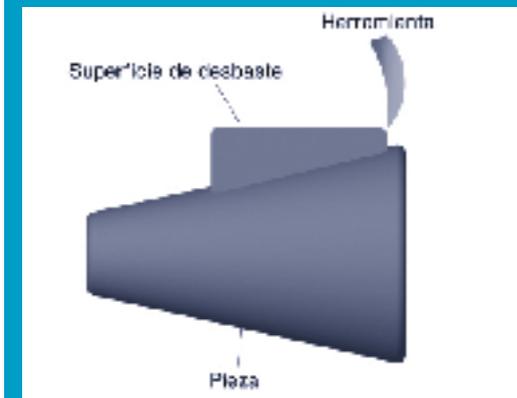
**Taladrado correcto**

En las paredes a taladrar o escariar oblicuamente, hay que formar cubos o ajustes con planos de entrada y salida perpendiculares a la dirección de los agujeros.

**Cepillado o fresados de planos.** Los ajustes a mecanizar deben ser suficientemente altos sobre las superficies brutas circundantes, de modo que, en caso de deformación de la pieza, la herramienta no muerda en la superficie que debe quedar sin maquinado.



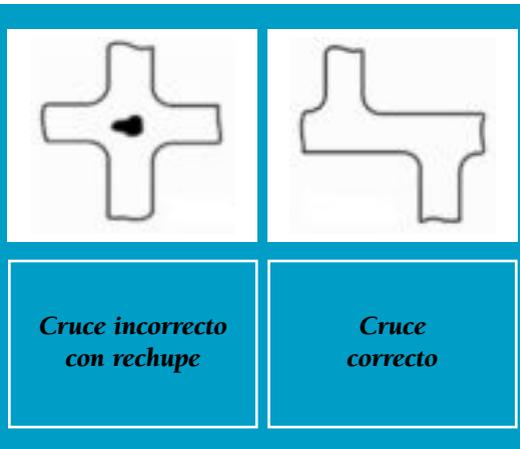
**Sobremetal incorrecto**



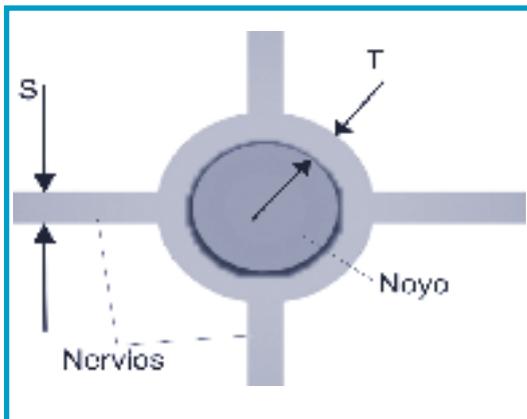
**Sobremetal correcto**

#### 4. Problemas metalúrgicos, relativos a las características tecnológicas del material de las piezas

**Reducción de los cruces de paredes o nervaduras.** El encuentro de varias paredes o nervaduras da origen a rechupes o a porosidades.

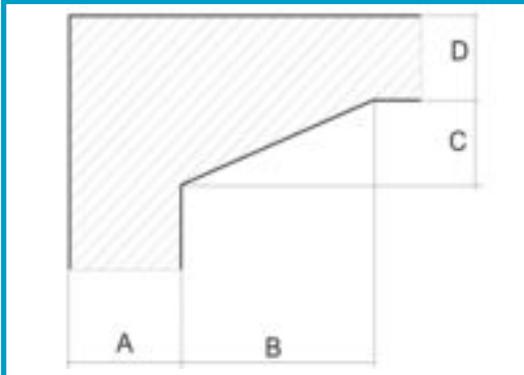


Para eliminar rechupes o porosidades, se evitan los cruces de nervaduras; eventualmente se eluden como se indica en la figura de arriba a la derecha.

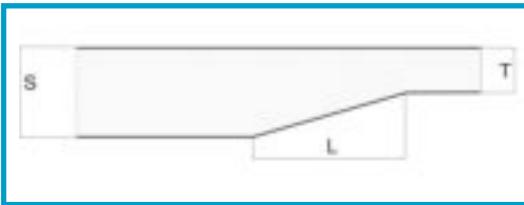


**Cruce de nervaduras con noyo; si los cruces de los nervios son inevitables, conviene aligerarlos con machos, teniendo en cuenta que  $T = 0,7-0,8$  de  $S$**

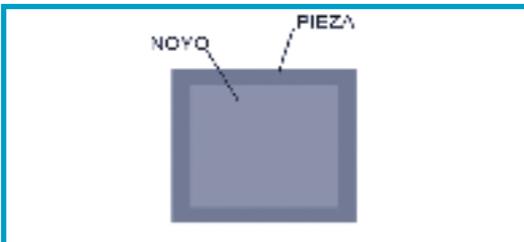
**Uniones entre paredes de distinto espesor.** Cuando dos paredes deban tener espesores distintos, es preciso unirlos de manera que la variación de espesor sea gradual. La longitud debe ser de 3 a 4 veces la diferencia de espesores.



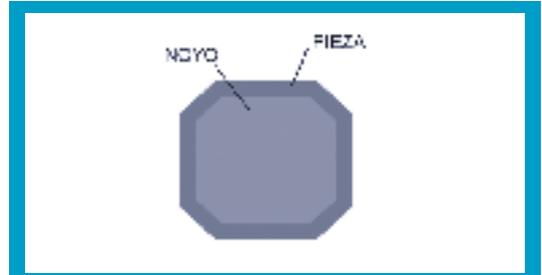
**Uniones entre paredes de distinto espesor;  $C = D$ ,  $B = 3(A-D)$ ; el paso de una pared gruesa a otra más delgada debe ser gradual**



**Noyos de ángulo agudo.** Cuando un noyo presenta dos o más paredes en ángulo agudo, se recalienta y mantiene largo tiempo calientes a las paredes de fundición adyacentes, donde pueden originarse rechupes y porosidades, haciendo defectuosa la pieza.

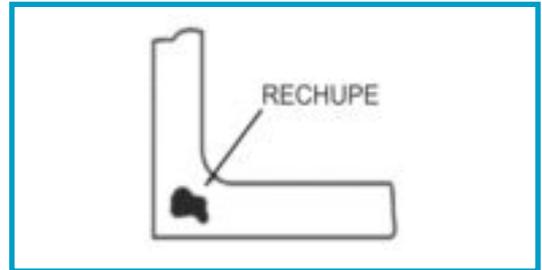


Hay que evitar los bordes agudos en los noyos.

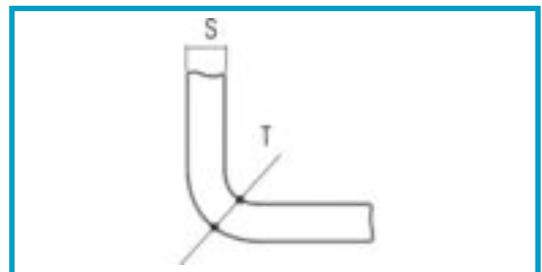


**Resolución correcta**

**Unión entre paredes que se encuentran.** En los encuentros de paredes es preciso evitar la curva en la parte interior y el canto vivo en el exterior, lo que daría lugar a una zona de rechupes.



Una unión interna curva y otra exterior de canto entre dos paredes concurrentes, da origen a rechupes y porosidad. La unión debe ser hecha de modo que el espesor correspondiente a la curva sea algo menor que el correspondiente a los planos de unión:  $T$  de la curva +  $4/5$  de  $S$  de pared.



**Alimentación del material de las piezas.** Éstas deben hacerse de modo que el enfriamiento se inicie en los puntos más distantes de la boca de colada.

Las mazarotas (M) deben ser aplicadas en los puntos más altos y más macizos de las piezas, para que el enfriamiento se inicie en los puntos más lejanos y alcance -progresivamente y por último- la mazarota.

**Proporción entre paredes internas y paredes externas.** Las paredes internas se enfrían más lentamente que las exteriores. Por ello, conviene que las paredes internas sean más delgadas que las externas, en la relación: Pared interna 4/5 de la pared externa.

## 5. Problemas económicos, y de la simplificación del modelo y del moldeo

**Simplificación del modelo.** A veces, basta un pequeño detalle para imponer un modelo complicado y costoso. Las piezas deben ser diseñadas de manera de evitar las cavidades o entrantes.

**Simplificación del moldeo.** La finalidad es la de reducir los costos de las piezas y disminuir la probabilidad de desechos.

Existen piezas en las que, dando otra forma a los flancos y aumentando la salida, ha sido posible simplificar el modelo, el moldeo y la limpieza final; por supuesto, no siempre es posible modificar profundamente el diseño de las piezas, pero se debe intentar.

**Simplificación y reducción del número de noyos.** Es conveniente que sean simplifica-

dos o reducidos en número, para facilitar el logro de la colocación y reducir el tiempo de mano de obra.

## 6. Problemas relativos al impacto que producen en el medio la producción de la pieza y la pieza misma

El impacto que provoca la producción de piezas metálicas se realiza tanto sobre el suelo, el agua, el aire, como sobre las personas; y este impacto es mayor en aquellos casos en que no se desarrolla la tec-

nología de resguardo necesaria, aún cuando, en muchos casos, su **costo económico** resulte igual o superior a la planta de fabricación de piezas concebida tradicionalmente.

En otras palabras, contaminar y descontaminar tiene un costo. En primer lugar, desde el punto de vista económico, es obvio que descontaminar cuesta dinero y que revertir problemas ambientales es más caro cuanto mayor sea el grado de contaminación.

Además del costo económico, existe un **costo ecológico** cuando se descontamina, ya que las comunidades biológicas y sus relaciones con los factores abióticos de un ecosistema tendrán similitudes y diferencias con las de ese ambiente antes de ser contaminado. Un monitoreo constante de los parámetros físicos, químicos y biológicos del lugar puede

Hagamos una simple comparación: Una planta en EE.UU. tiene un costo de 4 millones de dólares (respetando las leyes ambientales) y en Latinoamérica cuesta 1,5 millones (pidiendo que no las apliquen).

asegurar una continuidad ecológica razonable, dando lugar a una tercera faceta, el **costo social**. ¿Por qué? Porque, aún si hay monitoreo, puede darse lugar a un costo social, ya el monitoreo sólo asegura una continuidad ecológica razonable, determinada por el hombre.

Existen dos aspectos relacionados con el costo económico: el que involucra cambios profundos en la infraestructura industrial (el **costo tecnológico**) y el que tiene en cuenta la manera de financiar esos cambios (el **costo financiero**). Y, como estas modificaciones fabriles llevan tiempo, también se debería evaluar un **costo temporal**, relacionado con el lucro cesante de una industria o de uno de sus sectores.

Es importante, por lo tanto:

- Reutilizar materiales, no sólo dentro de la industria sino, también, en co-acción con otras; de esta manera, lo que para una industria es desecho, se convierte en materia prima para otra.
- Incorporar al sistema industrial el reciclaje como un proceso más en el ciclo de vida de un producto; el reciclaje es positivo desde el punto de vista entrópico, ya que permite un mejor aprovechamiento de la energía.
- Incorporar nuevas tecnologías "limpias" en las industrias en funcionamiento.
- En nuevas industrias, contar con un sistema de gestión ambiental preestablecido y en funcionamiento ya desde el inicio de sus actividades. En este punto, es importante la responsabilidad de tecnólogos y científicos, en cuanto a los desarrollos

tecnológicos, y, por otra parte, la incidencia del Estado, cuyo rol debería abarcar tanto la supervisión del cumplimiento de las normas como el apoyo económico a industrias que apuntan al desarrollo sustentable.

## Residuos, energía, contaminación

La matricería es parte de un proceso productivo; sabemos que, en muchas empresas, el molde es un elemento en el que se ha invertido mucho tiempo y materiales, y, en definitiva, mucho dinero, ya que de él se obtienen las piezas necesarias para el producto en cuestión.

Cuando hablamos de fundición, el moldeo en arena es el que domina los porcentajes de utilización; en segundo lugar, encontramos el moldeo y la fundición bajo presión; y, en tercer lugar, la fundición por recubrimiento.

Algunas estadísticas de EEUU arrojan que el 60 % de las piezas fundidas se hace por moldeo en arena, un 20 % en molde permanente y un 7% por recubrimiento.

La arena genera desechos, si no es reprocesada para volver a ser utilizada. Más grave aún es el caso de las fundiciones que utilizan aglutinantes en sus arenas ya que, si éstas no son tratadas correctamente, pueden ser altamente contaminantes.

Respecto de la cuestión energética, la fundi-

ción de metales se encuentra entre las industrias que más energía consume. El calentamiento y la fusión de los metales implican grandes cantidades de energía. Se ha estimado que se requieren alrededor de 5.860 kWh para fundir y moldear una tonelada de piezas de hierro vendibles, si bien valores entre 3.809 y 4.395 kWh por tonelada resultan más comunes en países desarrollados.

Durante 2003, en nuestro país se utilizaron 185 millones de kW para la producción de las diversas industrias metalúrgicas y, también, se requirieron 43 millones de m<sup>3</sup> de gas industrial -ambos utilizados, en su mayor parte, en el proceso de fusión-. Estos datos nos permiten tener una dimensión cabal del uso de la energía, el que representa gran parte de los costos en este tipo de industrias.

Estas demandas han forzado a la industria a hallar mejores soluciones energéticas, a fin de seguir siendo competitiva. Para esto, ha desarrollado y adoptado equipos más eficaces y ha ejecutado cambios en algunos de sus procesos.

Ahora, hablemos un poco del ambiente. La realidad es que las normas ambientales han aumentado y que las fundiciones están siendo cada vez más examinadas por los entes reguladores. Si bien la industria de fundición de metales es reconocida por utilizar metales reciclados para producir piezas nuevas, no hace lo mismo con sus desperdicios: Se tiene conciencia que éstos podrían ser fácilmente reciclados; pero, en cambio, terminan en basurales, o son descargados en el aire o en el agua.

Las fundiciones de hierro y de acero también

son grandes fuentes de contaminación del aire, a partir de procesos tales como la fusión, el colado, el enfriamiento y el desmolde.

En un marco creciente de exigencias de resguardo ambiental, la industria está hallando nuevas formas de reciclar la arena quemada, y de recuperar y reutilizar metales, productos químicos y demás productos de desecho. Muchas fundiciones también han realizado cambios en sus procesos, para ayudar a reducir las emisiones hacia el aire y agua.

La ley de Prevención de la Contaminación de 1990 establece una prioridad para reducir la cantidad de desechos fabriles a través de la "reducción desde el origen" (evitar la producción de desechos en el lugar, reciclar los desechos, recuperar el contenido energético del desecho, tratar la corriente de desechos), impidiendo la generación de desechos en el piso de la fábrica. Si esto es imposible, la segunda mejor opción es la de reciclar los desechos producidos. La tercera opción es la recuperación del contenido energético de los desechos. El tratamiento de la corriente de desechos es el último recurso.

Algunas fundiciones están practicando la reducción de la arena de desecho desde el origen que, actualmente, representa la mayor parte de la cantidad de desechos de la industria. Y, también, podemos observar en la industria esfuerzos para regenerar y reutilizar la arena de desecho o para su reuti-

Las técnicas de reciclaje en el lugar incluyen métodos para eliminar contaminantes con diversos sistemas de tamizado, separación magnética y depuración térmica.

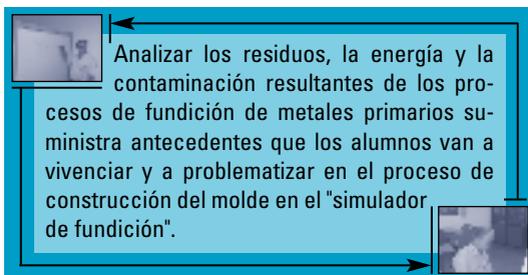
lización fuera de su ámbito. La arena no peligrosa es enviada, a veces a la industria de la construcción o bien es utilizada para rellenar basurales.

Por su parte, el polvo proveniente de los hornos de arco eléctrico, en ocasiones, puede reducirse, evitando un excesivo sobrecalentamiento del metal, manteniendo una cubierta de fundente o de escoria por encima del metal líquido, precalentando el metal cargado. Incluso, algunas fundiciones han hallado que el polvo del horno de arco eléctrico puede ser reciclado hasta el proceso original o reutilizado fuera del proceso, si primero se recuperan sus residuos de zinc, plomo y cadmio.

Por supuesto, los esfuerzos no deben detenerse en éstos que estamos detallando. También se deben mejorar los diseños de las piezas, para reducir sus defectos y, de esta manera, evitar desechos y reducir costos.

### Diseño + Software

Es ésta una fórmula significativa para un diseño óptimo de las piezas fundidas.



### 3. EL EQUIPO EN EL AULA

Cuando ingresamos al aula con el objetivo de trabajar los conceptos y procedimientos de **Matricería. Moldes y modelos**, tenemos opciones:

- Podemos disponer del equipo y, con él, realizar una experiencia.
- Podemos proponer a los alumnos construir el equipo sobre la base de los planos que disponemos de la pieza modelo.
- Podemos utilizar el equipo como recurso didáctico en una actividad proyectual en la que el resultado sea una pieza que sustituya a la del equipo.

En cada una de estas alternativas, el propósito es enseñar y que los alumnos aprendan, integrando conocimientos, desarrollando competencias en una técnica, articulando y conceptualizando, en un proyecto, todas las variables que componen una problemática tecnológica -en este caso, la matricería-. De todos modos, aún siendo instancias de educación técnico-profesional cada una de ellas, consideramos que el último camino es el más oportuno porque permite los chicos desarrollar aspectos creativos, no sólo en la pieza que compone el producto sino en la manera de resolver su matriz.

#### El problema de producir mil. El proyecto y el molde

Si retomamos la situación "Me pidieron mil", vemos que permite ser replanteada y resignificada de acuerdo con las necesidades educativas y con el desarrollo local específico.

Por ejemplo, puede suceder que los materiales y procesos con los que se enfrenta Carlos, quien debe resolver el problema, no sean de total interés para usted y sus alumnos ya que, en su región, la producción de piezas cerámicas se destaca por sobre cualquier otra. Pero, esto no significa que las problemáticas hasta aquí planteadas no se repitan en otro tipo de producción de piezas a través de un molde; como existen similitudes sustanciales, nuestra tarea consiste en desarrollar y ajustar los aspectos teóricos específicos de los materiales y procesos intervinientes.

Lo interesante de "Me pidieron mil" es que nos permite abordar un proyecto:

(...) Carlos ha decidido no correr el riesgo de que, después, por los pasillos del área de fundición se sumen voces diciendo que ahora las pretensiones del diseñador perjudican el resultado de las piezas obtenidas. Ha decidido comprometerse más con su tarea y, sin sacrificar nada de su propuesta de diseño, quiere dar soluciones al proceso que día a día enfrenta Enrique en su área. Ahora, les pido que cada cinco de ustedes suplanten a Carlos: pero, con una gran diferencia, ustedes todavía no tienen ninguna carpeta de papeles en sus manos. Bueno... sólo tienen los datos que expresa Carlos con respecto a la empresa, a qué se dedica y qué tipo de productos comercializa, el concepto que tiene que desarrollar y el área de mayor importancia. La tarea es que desarrollen un proyecto tecnológico para proponer uno de los productos posibles, basándose en la información disponible.

El desarrollo de un proyecto tecnológico implica una serie de producciones de los alumnos; y, nosotros, como guías de las tareas desarrolladas por ellos, tenemos la tarea de ir presentándoles, paulatinamente, la información que creamos adecuada y oportuna para su construcción del conocimiento, a medida que se sucedan dichas producciones.

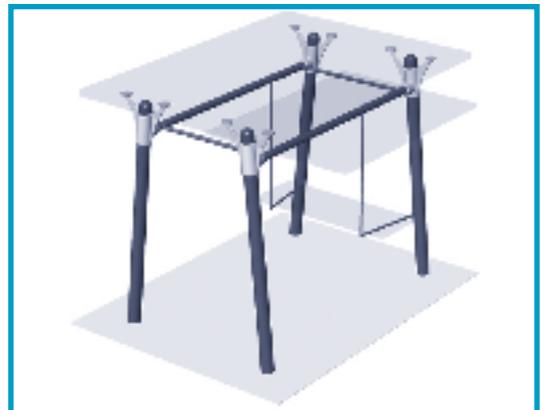
Tanto nosotros como los chicos debemos apropiarnos de la problemática en la que se encuentra Carlos y precisarla con la integración de aspectos teóricos. Sabemos que es muy difícil apropiarnos a tal punto de ponernos en el lugar del otro; pero, podemos hacer el intento, en beneficio del desarrollo de la actividad.

Los moldes están relacionados, específicamente, con lo constructivo, con piezas de un determinado peso, volumen, forma, terminación superficial y color que, solas o vinculadas a otras piezas, estructuran un producto.

En el aula, el nacimiento del producto comienza a concretarse con aquellas producciones gráficas que cada grupo realiza. En una primera instancia, éstas son, generalmente, bocetos; pero, no descartamos ninguna otra producción gráfica bidimensional o

tridimensional que nuestros alumnos decidan conveniente realizar.

Lo importante es que la comunicación de la idea se establezca a través de elementos gráficos, apoyados con apreciaciones verbales acotadas. Porque, cuando las apreciaciones verbales son más que las observables en los dibujos o maquetas de estudio, estamos ante la posible situación de que muchos de los componentes de la idea no estén sustancialmente desarrollados en esta etapa; en estas condiciones, permitir a los alumnos que sigan adelante puede perjudicar mucho el desarrollo del proyecto y, en definitiva, su aprendizaje.



**Render<sup>14</sup> digital de la mesa para PC**

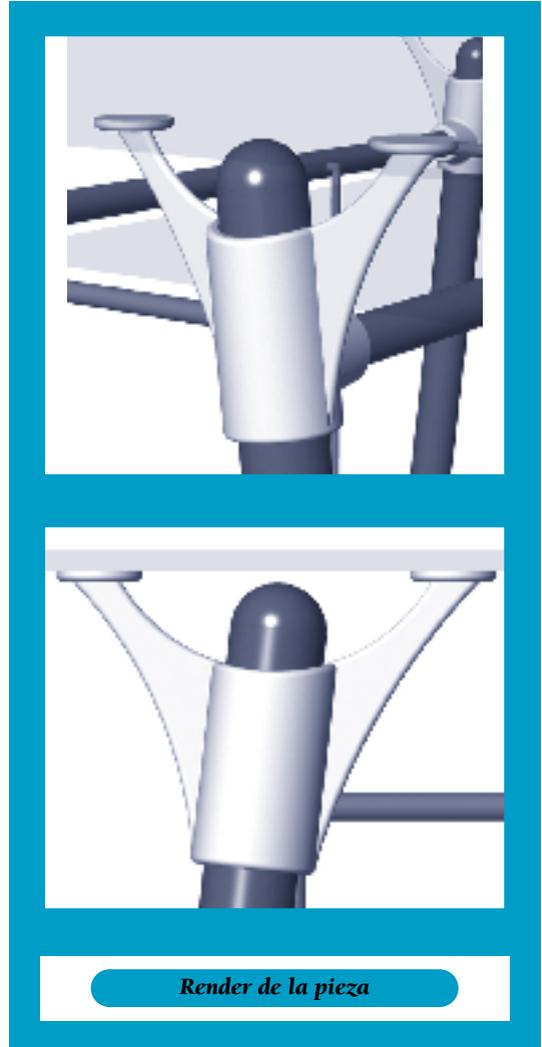
<sup>14</sup>Renderizado: Conjunto de operaciones y técnicas necesarias para proyectar una vista de un objeto o una escena sobre una superficie de visualización.

El material gráfico sobre cualquier soporte -sea papel o digital- nos debe permitir observar la existencia o la posible existencia de una o dos piezas que se deben producir mediante un proceso de moldeo; en este caso, de un metal no ferroso como puede ser el aluminio.

Hablamos de "posible existencia" porque, en estas instancias, nuestras observaciones no son terminantes. En esta etapa creativa, debemos alentar cambios y ser lo suficientemente positivos. Y, cuando planteamos la necesidad de "alentar cambios", nos referimos a instar a los alumnos a producir más alternativas: *Fíjate si, con esto mismo, podés...* Disponer de opciones, va a permitirles a los chicos tomar partido por aquellas que respondan a la información que brinda Carlos, justificar y dar las razones de dicha elección; en definitiva, permitirá la continuación del proyecto.

Es muy posible que, paralelamente a todas las producciones que están desarrollando los chicos, debamos responder inquietudes muy específicas relacionadas directamente con la industria en la que trabaja Carlos. Esto implica indagar e investigar sobre los materiales, procesos y hasta en los productos que anteriormente se han desarrollado en empresas del mismo sector. Nos ubicamos, entonces, en el procedimiento del análisis de producto: cómo lo resolvimos antes, cómo lo resolvemos ahora, cómo lo resolvieron otros, cómo lo resolvemos nosotros. Esta tarea incluye una o varias charlas con "un Enrique" encargado de una fundición.

Seguramente, llegamos a esta altura del desarrollo del proyecto con unos cuantos bocetos o una serie de gráficas que comunican el concepto, y con la idea del producto que cada grupo desarrolla.



Por supuesto, éstas que describimos -boceto, comunicación de ideas, análisis de producto...- no son etapas cerradas; esto significa que, por ejemplo, nuestros alumnos han tenido que comprobar muchas cuestiones técnicas para determinar que esa forma o esa terminación que vemos en el boceto, tienen posibilidades tecnológicas ciertas de realización.

Si... Se trata de ir afinando la puntería.

Porque, es probable que la documentación gráfica y escrita genere dudas, y que los profesores requiramos de ella mayor precisión.

## **Pedir precisión, ¿es dejar de lado la creatividad?**

El significado de *precisión* es amplio; no se limita a la noción de medición con la que, normalmente, la asociamos.

Los alumnos comienzan a precisar sus ideas ya en los bocetos y en todo material de comunicación. Pero, esos productos iniciales que parecen "tan artísticos" deben transformarse, firmemente, en posibilidades productivas reales. Se exige, entonces, que los alumnos planteen:

- precisiones productivas,
- precisiones con respecto al uso y a sus relaciones con el usuario.

¿Recién a esta altura de desarrollo aparece la figura humana relacionándose con el producto? No; debería habérsela considerado, ya, en las primeras instancias. Su inclusión aquí es en términos ergonómicos, considerando sus dimensiones corporales, sus posibilidades operativas y de visión, en relación tanto con las dimensiones del producto como con la disposición de sus partes en el espacio.

Como vemos, el desarrollo de un proyecto resulta un continuo ajuste de la información que se ha generado; ajuste que debe ir acompañado de dosis de creatividad, propiciadas con espacios e intervenciones positivas del profesor.

La incorporación de diferentes factores -como son las consideraciones técnicas de la ergonomía- va definiendo, por ejemplo, las dimensiones necesarias para una mesa de trabajo. La integración de estos factores implica que el boceto inicial se reconsidere, sin que necesariamente se pierda el concepto básico del producto.

En este momento del desarrollo de la tarea, los alumnos ya han definido la imagen del producto. Todos estamos completamente convencidos que esta imagen es la mejor y la que nos va a permitir disponer de un producto competitivo, con costos razonables y con una producción posible.

## **Un ajuste "productivo" continuo**

No dilatamos más los preparativos y comenzamos a realizar, profundamente, el ajuste productivo. Para esto, acercamos material de consulta a los alumnos; entre los muchos materiales posibles, no deben estar ausentes, por ejemplo, las normas de diseño para piezas que se fundirán en moldes de arena, el proceso, etc. La estrategia es ir entregando materiales de referencia, a medida que surjan los interrogantes; porque, nuestro rol es el de guía para la superación de las dudas individuales y grupales.

En este momento de la tarea, toma protagonismo la comunicación técnica: planos generales, planos de piezas, perspectivas generales, perspectivas de piezas, dibujos 3D y maquetas. Al desarrollarlos, los alumnos vuelven a tomar decisiones sobre la base de

las alternativas posibles para resolver una pieza, equilibrando la forma pretendida, su aspecto superficial, el molde, el material, el proceso interviniente y los tratamientos posteriores.

Una idea atractiva debe desarrollarse hasta convertirse en un concepto del producto. Es importante distinguir algunos términos:

- La **idea** es la sugerencia de un posible producto para ofrecer al mercado.
- El **concepto** es una versión detallada de la idea expuesta, en términos significativos al consumidor.
- La **imagen** es la forma en la cual los consumidores perciben un producto real o potencial.
- La **prueba de concepto** implica someter los conceptos de nuevos productos a grupos de consumidores-meta.



**La pieza**

Pretendemos que, aquí, los reajustes sean mínimos o los razonablemente esperados. Si la decisión es respetar el concepto y la imagen de producto, cueste lo que cueste, la tarea de observación de los bocetos de las piezas debe ser precisa; y, para esto, los bocetos deben ser de buena calidad, ajustados a las pautas de diseño que hemos adelantado.

Para desarrollar nuestro proyecto de **Matricería. Moldes y modelos**, comenzamos a centrar la atención en una de las piezas metálicas que necesita ser moldeada y que tiene una relativa importancia en el producto diseñado.

### Concepto de producto<sup>15</sup>

En el desarrollo de un producto examinamos las alternativas alrededor de productos y producción, e intentamos combinar los intereses y las necesidades en la creación de un producto nuevo.

Durante el proyecto, el producto nuevo se perfila gradualmente. En un principio, su idea es vaga. Su primera sinopsis abstracta es la *idea de producto* y una descripción más detallada completa el *concepto de producto*.

Porque el producto que se creará es nuevo; su concepto no existe en un principio. Cada proyecto del desarrollo de producto, debe así, incluir una fase del concepto, aún cuando ésta sea rudimentaria.

<sup>15</sup>Adaptado de *Diseño estratégico*. [www2.uiah.fi/projects/metodi/23a.htm](http://www2.uiah.fi/projects/metodi/23a.htm)

Por otro lado, cada concepto del producto antecede a las propuestas terminadas y, obviamente, a la producción. Esto permite que, al estudiar el concepto acabado, la gerencia de la compañía decida si, por ejemplo, no es suficientemente prometedor o si resulta demasiado aventurado; y, allí, termina el proyecto.

Otra razón de concebir un concepto del producto y, después, determinar el proyecto, puede ser que la compañía desea acumular un "banco de ideas": una reserva de las ideas preliminares para productos nuevos. De este banco de ideas pueden seleccionarse los mejores; y, entonces, los diseñadores necesitan solamente un mínimo de tiempo para concretar los ajustes para su producción. Por otra parte, estos conceptos innovadores del producto pueden ser útiles en el planeamiento estratégico y en la capacitación interna del personal.

Un uso novedoso para los conceptos de producto configura lo que se conoce como estrategia publicitaria de la compañía. Tomemos como ejemplo las exposiciones anuales de la industria automovilística; en ellas suelen exponerse *conceptcar*, autos que no están en producción; porque, lo importante es reforzar la identidad de una marca de fábrica. Así, además de dar a los diseñadores una oportunidad para probar los límites de su creatividad y los de las convenciones, los modelos de concepto también demuestran la innovación de la compañía, hacen la marca comercial más interesante al público, aumentan las expectativas de los clientes sobre los modelos de producción futuros y, de esta manera, refuerzan la lealtad del público a la marca de fábrica.

Las etapas hacia el diseño de concepto son:

- Preparar el diseño de producto.
- Buscar las invenciones radicalmente novedosas.
- Estudiar el futuro y definir alternativas comprensibles para las decisiones estratégicas de la compañía.
- Aumentar la creatividad, en los niveles del individuo y de la organización.
- Dirigir las expectativas del público y promover un futuro favorable para la compañía.

Generalmente, en un proyecto hecho para el banco de ideas, la perspectiva del tiempo es algo más larga y, por consiguiente, los datos sobre clientes, competidores, etc. son menos seguros, lo que significa que hay menos oportunidad para un razonamiento exacto; es aquí donde más intuición se necesita.

Recordemos parte de la actividad "Me pidieron mil":

- Elijan una de las piezas metálicas, la más importante de todo el conjunto. Realicen su plano al detalle, sin pasar por alto cómo se vincula con las otras piezas, y teniendo en cuenta el material y el proceso que se utilizará para su conformado.
- Recuerden que un plano al detalle debe contar con las diferentes secciones de la pieza. Basándose en estos cortes y en los planos disponibles, realicen un modelo de la pieza.
- Estudien el modelo. Realicen los cambios que crean convenientes. Indiquen las líneas de desmolde, los noyos necesarios. Modifiquen los planos de las piezas.
- Confeccionen toda la información necesaria para que se pueda realizar el molde definitivo de la pieza y todos sus accesorios.
- Realicen el modelo y los noyos necesarios.
- Realicen las cajas molde.
- Realicen una colada.
- Desmolden la pieza.
- Concreten las terminaciones superficiales necesarias.
- Agreguen algunas recomendaciones a tener en cuenta en la producción de la pieza.

Si creíamos que estaba todo listo, volver a la consigna fue, precisamente, para recordarnos que no.

Encaramos esta parte con las herramientas que disponemos. Si en su escuela es posible un acceso a Internet, es aconsejable integrar a la Web como fuente de información en todo el proceso hasta aquí desarrollado, invitando a los alumnos a visitar páginas determinadas o a buscar marcas comerciales de los insumos necesarios en el proceso. Específicamente, en este momento, es importante completar la información sobre material que se utilizará para conformar la pieza: quién lo provee, en qué calidades se presenta, cuáles son las temperaturas de fusión y de enfriamiento, etc., como también respecto de normas específicas que algunos proveedores precisan para sus materiales.

Si la escuela incluye entre sus contenidos el

dibujo asistido por PC, es muy interesante su utilización a partir de este momento; la resolución técnica 3D en PC es de mucho valor, no sólo constructivo sino educativo, ya que facilita la adquisición de una técnica (operar con un software) y permite al alumno construir su propio conocimiento acerca de la pieza que trata de resolver.

## Sin PC

Sigamos en lo nuestro. Con PC o sin PC, los alumnos que están abocados a esta tarea deben poner en juego la técnica del dibujo de precisión, el **dibujo**

También se lo conoce como **dibujo tecnológico**, según la bibliografía desarrollada por el IRAM -Instituto Argentino de Normalización y Certificación-.  
[www.iram.com.ar](http://www.iram.com.ar)

**técnico.** Esto permite resolver la comunicación que es necesaria para el modelista -la persona que, basándose en los planos realizados, interpreta la pieza y realiza el modelo que, luego, conforma las cavidades del molde correspondiente, para obtener la pieza definitiva-.

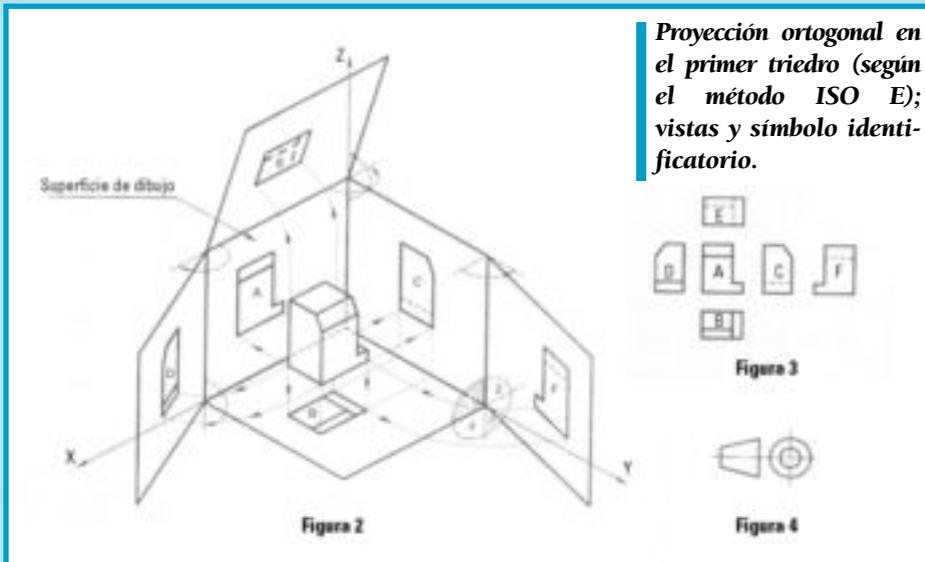
Este dibujo normalizado, el dibujo técnico, no es sólo un dibujo donde se destaca el orden y el respeto a las normas, sino un ajuste estricto a toda la información necesaria de la pieza, para que ésta pueda ser construida con exactitud en cualquier lugar del mundo.

### Cuando el hábito hace al "Monge"<sup>16</sup>

Si bien la tendencia es a crear directamente modelos en 3D, también debemos reconocer que, para un buen porcentaje de los diseños de productos, al entrar en sus detalles constructivos, sigue siendo necesario disponer de información generada en 2D, sea para presentar un plano a un proveedor o para intercambiar archivos más livianos, sea para acelerar el proceso de dibujo o quizás, también, por la propia experiencia acumulada años atrás al dar los primeros pasos con programas y máquinas menos potentes que las actuales.

Era muy interesante ver cómo se generaba una superficie de resolución medianamente compleja en la pantalla monocromática y -quedando la computadora inutilizada para realizar cualquier otra función-, nos hacíamos cargo nosotros mismos del aprovechamiento del tiempo, por ejemplo, preparándonos mate y unas ricas tostadas.

Si de sistemas de representación 2D hablamos, nos referimos al nunca bien ponderado sistema Monge.



<sup>16</sup> Curcio, Esteban (2003) *De monjes abstractos y amigables rinocerontes*. Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Buenos Aires. La obra está disponible en [www.inet.edu.ar](http://www.inet.edu.ar), opción "Materiales de capacitación", serie: "Desarrollo de contenidos", colección "Diseño industrial y diseño gráfico".

Pareciera que por la factibilidad de dibujar y/o proyectar directamente en 3D con los programas de CAD, ya no necesitamos mantener ni desarrollar nuestra capacidad de abstracción, propia del sistema Monge. Sin embargo, sin ella no podremos decodificar a partir de simples vistas y cortes, el objeto tridimensional así representado.

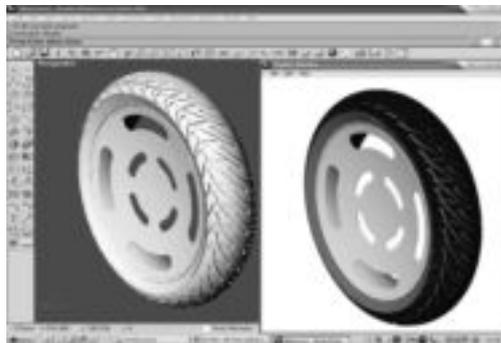
No estamos en vías de mantener una comunicación entre los diversos actores de la industria, por ejemplo, a partir y sólo a partir de información en 3D digitalizada. Aún hoy, un simple plano de taller para carpintería es necesario. Un plano con una vista y un corte o detalle para solicitar el torneado de una pieza, su terminación superficial, etc., es de uso corriente, todavía.

En comparación, podemos mencionar que el 3D consume menos capacidad de conceptualización por parte del dibujante para comprender en forma permanente su producto y tiene la ventaja de permitirle seguir avanzando sobre el diseño propiamente dicho, más que sobre las cuestiones de representación.

Pero, un error frecuente que se comete es la pérdida de tiempo dada por el procesamiento necesario para estar continuamente viendo la pieza en 3D (Por ejemplo, haciendo un reiterado uso del comando *Shading* para visualizar rápidamente la pieza con un sombreado básico).

Cuanto más realismo necesitemos para visualizar nuestro modelo durante el tiempo de proyecto, más capacidad de procesamiento estaremos necesitando. Y, de aquí a seleccionar un par de cortes de la pieza para acotar en detalle, surgirán problemas relacionados con la capacidad de síntesis y abstracción de lo que queremos representar.

Es decir que, también trabajando en 3D, es conveniente que el alumno tenga una capacidad de abstracción desarrollada para no perder tiempo en exigencias de procesamiento de datos que pueden desembocar en la temida leyenda en pantalla: "Se ha producido un fallo en el sistema. Deberá reiniciar su PC".



***A la izquierda, el modelo 3D sombreado con el comando *Shading* que permite una rápida visualización y manipulación de la imagen en el escritorio. A la derecha, la imagen renderizada en el original a color, lista para grabar***

En la lectura de la documentación técnica debemos encontrar todos los detalles, ya que aquí no hay posibilidades de nuevas alternativas, sino de definición. Si esta documentación ha sido trabajada con coherencia, conjugando aspectos de diseño e información para el modelista, el matricero y el fundidor, no habrá inconvenientes en la producción.

En esta documentación quedan determinados el material, y los procesos de conformado y de terminación superficial, especificando metales, espesores, ángulos de desmolde, noyos, contracciones del material, etc.

Del modelista queremos el mejor modelo y del matricero el mejor molde de nuestra pieza diseñada.

Ahora, se acerca la hora de la verdad: Todo lo que dijimos y definimos tiene que salir. Sí, precisamente... ¡Salir del molde! Si no sale la pieza del molde, es que cometimos errores que deben ser subsanados.

A partir de aquí comienza la interpretación de la documentación técnica. Si los alumnos trabajaron en grupos, una estrategia didáctica interesante es la de intercambiarse las producciones. Cada grupo trabaja, entonces, sobre el diseño del otro, como si cada uno hubiera contratado a un modelista particular para comenzar el proceso de construcción del modelo necesario para conformar el molde.

Logrados ambos -modelo y molde- con la precisión que podemos observar en el equipo, realizamos una colada con cera, esperamos su enfriamiento para su desmolde, extraemos la pieza y sintéticamente de esta manera, nuestros alumnos vivirán el desarro-

llo del proceso de conformado con todas las dificultades que pueden surgir en él.

Pero... No vayamos tan rápido; para ese momento falta un poco más todavía. Ahora, debemos prepararnos para construir el modelo.

Para la construcción de los modelos existen distintas alternativas:

- por un lado, la planteada por el diseño asistido por computadora y las herramientas CNC -control numérico computarizado-;
- por otro, la tradicional.

Obviamente, la decisión está relacionada con el tamaño de la empresa -o de la escuela- y con la capacidad técnica instalada en ella.

La realidad de algunas empresas es que, en sus ámbitos de trabajo, es necesario saber operar con PC para el diseño asistido, como también un conocimiento de las interfases CNC para el logro de piezas con máquinas-herramientas -en este caso, una pieza que será un modelo-.

En muchas oportunidades, es posible que sea el mismo software de diseño el que nos permita la producción del modelo por CNC, como también una pieza definitiva; porque, el común de las herramientas CNC reconoce los archivos del software CAD -diseño asistido por computadora-.

Pasemos a un ejemplo; si poseemos una fresadora 3D (desbaste en tres ejes), con un plano de trabajo de 500 mm x 500 mm, podemos realizar placas modelos en madera, plástico o aluminio, según la capacidad del

router -esto es, según la calidad de las herramientas de corte utilizadas, la potencia del motor, las revoluciones por minuto-; la limitante puede ser el diseño y la cantidad de piezas a realizar.

Las diferencias son sustanciales con respecto a la placa modelo realizada en forma tradicional; en primer lugar, el tiempo en que disponemos el modelo es mucho menor, también varían la exactitud y la calidad superficial.

Otra alternativa -optar por una o por otra

depende del tamaño de modelo a realizar- es realizar un **prototipado rápido**, según las tecnologías disponibles. En el país, todavía es una técnica incipiente debido, por un lado, al costo de la tecnología y, por otro, a su escasa difusión. Realizar modelos con esta tecnología en Argentina, supone un alto costo y una calidad no muy buena por falta de experiencia en su utilización; por estos motivos, muchas veces conviene realizarlos en el exterior. En países como Italia o España, esta tecnología se ha desarrollado tanto que hasta se cuenta con ella en oficinas de proyectos, con equipos del tamaño de una impresora láser.

Con el nombre de **prototipado rápido** se denomina a una serie de tecnologías distintas de construcción de sólidos. Todas ellas parten del corte en secciones horizontales paralelas de piezas representadas en CAD, construyendo las formas sólidas a partir de la superposición de estas capas horizontales.

Las tecnologías más difundidas son:

**STL, estereolitografía.** Emplea un láser UV que se proyecta sobre un baño de resina fotosensible líquida para polimerizarla.

**SGC, fotopolimerización por luz UV.** Al igual que en la estereolitografía, esta tecnología se basa en la solidificación de un fotopolímero o resina fotosensible. En la fotopolimerización, sin embargo, con una lámpara de UV de gran potencia se irradian todos los puntos de la sección simultáneamente.

**FDM, deposición de hilo fundido.** Una boquilla que se mueve en el plano XY horizontal deposita un hilo de material a 1 °C por debajo de su punto de fusión. Este hilo solidifica

inmediatamente sobre la capa precedente.

**SLS, sinterización selectiva láser.** Se deposita una capa de polvo de unas décimas de mm en una cuba que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. Seguidamente, un láser CO<sub>2</sub> sinteriza el polvo en los puntos seleccionados.

**LOM, fabricación por corte y laminado.** Una hoja de papel encolado se posiciona automáticamente sobre una plataforma y se prensa con un rodillo caliente que la adhiere a la hoja precedente.

**DSPC, proyección aglutinante.** Esta tecnología trabaja mediante la deposición de material en polvo en capas y la ligazón selectiva de éste mediante la impresión de "chorro de tinta" de un material aglutinante.

En general, se reserva la fabricación de precisión a la estereolitografía y, cuando se valoran más las prestaciones mecánicas del modelo (prototipos funcionales), se prefiere el sinterizado, que ofrece más variedad de materiales<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> [www.weissdesign.com/rp1.html#Descripcion](http://www.weissdesign.com/rp1.html#Descripcion)

Muchas de las realidades escolares sólo nos permiten una alternativa: Realizar la placa modelo de la pieza del proyecto en forma artesanal, lo cual no hace menos significativa la tarea.

Volvamos a nuestro proyecto...

Quedamos en el momento en el que la documentación técnica se intercambia entre los grupos, lo que permite el desarrollo de una co-evaluación, etapa de aprendizaje superior para todos los grupos. Esta etapa de interpretación de la documentación agudiza el análisis crítico de los alumnos, en busca de detalles: detalles que se han superado y otros que deben superarse: equivocaciones y aciertos.

Obviamente, la interpretación que cada grupo realiza de las vistas, cortes, secciones y perspectivas, se concreta en el modelo. Esta tarea de trasladar lo abstracto del dibujo plano a un cuerpo físico, es desarrollada por cada grupo sin interconsulta. Sólo en casos en los que registren muchas dudas se pueden establecer consultas entre grupos -excepto con los dueños de la propuesta-, porque no recomendamos que un grupo avance con dudas.

Comienza, así, el proceso de realizar mediciones y comprobaciones dimensionales mediante cinta métrica, calibres, pasa no pasa y pie de rey, de acuerdo con las dimensiones de las piezas y con las tolerancias de sus cotas.

También existe la posibilidad de realizar mediciones y comprobaciones geométricas de forma, perpendicularidad de dos caras,

planicidad, rectitud y centrado, mediante plantillas de forma, escuadra, transportador de ángulos, mármol, regla y reloj comparador. Según los instrumentos utilizados, los chicos implementan el sistema métrico decimal o el sistema inglés, en el que es necesario trabajar con factores de conversión.

No descartamos que realicen algún tipo de plantilla<sup>18</sup>; en particular, para efectuar alguna medición que los instrumentos corrientes no permiten. En el caso de nuestra pieza, como tiene dos radios bastante grandes, podríamos utilizar plantillas en plástico o cartón, sobre la base de un plano escala 1:1; de esta manera, nos evitaríamos la medición en el taller de dichos radios porque, con la plantilla comprobamos continuamente su coincidencia.

**Recordemos que estamos realizando la placa modelo en forma manual, lo cual implica, por ejemplo, desbastes con lijas, a mano.**

Esta etapa es de lectura y de construcción, y el resultado es el modelo. Para obtenerlo, los materiales utilizados son diversos. Sólo es aconsejable que analicemos con nuestros alumnos que los materiales por los que optamos en la escuela, pueden no corresponderse con los utilizados en la industria.

<sup>18</sup> Tabla o plancha cortada con los mismos ángulos, figuras y tamaños que ha de tener la superficie de una pieza y que, puesta sobre ella, sirve en varios oficios de regla para cortarla y labrarla. En carpintería es el dibujo de tamaño natural de una obra o parte. [www.rae.es](http://www.rae.es)

## Resumiendo

Para resolver la situación presentada en "Me pidieron mil", los alumnos encaran:

- Diseño de un mueble de oficina; en él, una de sus piezas se debe moldear en un material no ferroso.
- Diseño al detalle de dicha pieza, teniendo presente las consideraciones particulares del material y los procesos intervinientes.
- Generación de toda la documentación técnica necesaria

para la construcción del modelo.

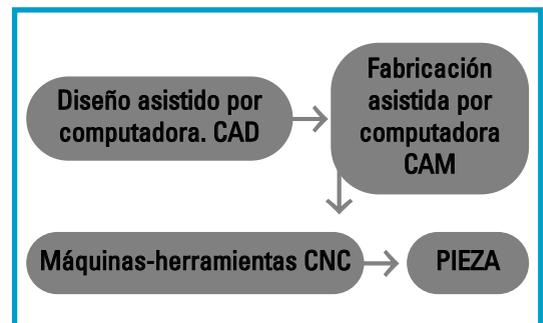
- Construcción del modelo.
- Comprobaciones dimensionales sobre el modelo.
- Control de calidad del modelo, terminación de sus superficies, ángulos de desmolde, rugosidades, etc.
- Conformación del molde.
- Utilización del molde logrado; obtención de una pieza en cera.
- Comprobación dimensional de la "pieza" obtenida

En unas páginas más, en la parte 4 de este material de capacitación, nos centramos en los pasos específicos del proceso de fundición.

## Otras realidades: software CAM en el mercado. Una muestra

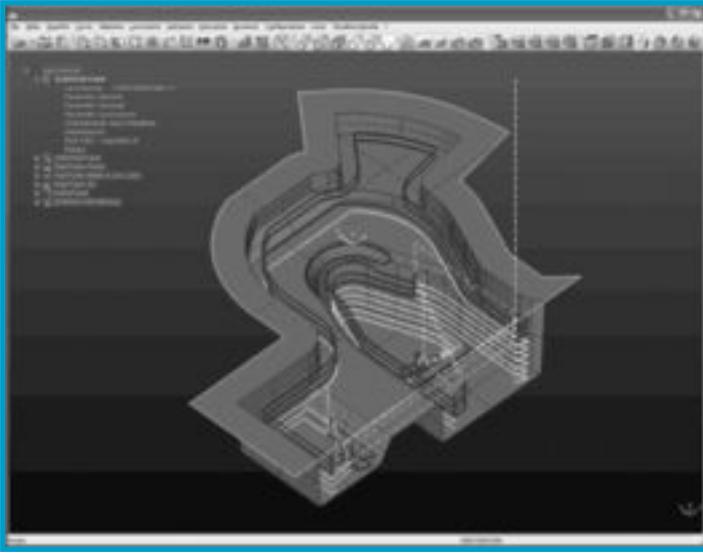
Se denomina CAM -*Computer Aided Manufacturing*- a la fabricación asistida por computadora; se trata de interfaces que nos permiten que la pieza modelada en 3D en una PC pueda ser obtenida por máquinas-

herramientas con control numérico computarizado.



SUM3D<sup>19</sup> es un software CAM que da soluciones a las necesidades de quienes trabajan en el sector del molde.

<sup>19</sup> Usted y sus alumnos pueden acceder a una demo por 30 días en [www.lab3d.com/setprodotti-e.html](http://www.lab3d.com/setprodotti-e.html)



Su interfase es simple y muy fácil de usar, y nos permite realizar el primer mecanizado después de pocas horas de capacitarnos en su uso. Los únicos conocimientos necesarios para utilizarlo son los de saber trabajar con máquinas CNC, porque el usuario es guiado

en la elección de las distintas opciones de mecanizado, desde la definición de la herramienta hasta la generación de la trayectoria.

Los usuarios de este soft son heterogéneos, ya sea por el tipo de empresa o por el sector de aplicación. Los artesanos, los moldistas y las empresas formadas por dos o tres personas encuentran en él una herramienta para obtener resultados en breve tiempo. Muchos lo utilizan como primer instru-

mento cuando deciden adquirir una máquina de control numérico y un CAM para generar las trayectorias de herramienta. Se emplea en la realización de modelos, prototipos, moldes para inyección, moldes para fundición y troqueles.

## 4. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

Sintéticamente, podemos decir que las piezas fundidas son conformadas en un molde, para producir la forma diseñada; en él se introduce un flujo de metal controlado en una cavidad, en la cual el metal solidifica. La obtención de piezas fundidas con un acabado superficial liso y altas tolerancias es posible si se producen usando moldes de alta calidad.

Tanto para moldes como para noyos, los modelos se fabrican en madera, resinas epoxi, poliuretano y otros plásticos, metales, cerámica y algunos otros materiales<sup>20</sup>. El modelo debe compensar la contracción y el cambio en volumen que se produce cuando el líquido se transforma en sólido, a fin de ajustarse a las dimensiones de la pieza fundida final.

A modo de resumen y para introducirnos en la construcción de nuestro simulador, es oportuno recordar que los métodos de molde se clasifican en tres categorías:

<sup>20</sup>El modelista es quien decide el material adecuado, sobre la base de la cantidad de moldes a confeccionar, la calidad de la pieza que quiere obtener; por este motivo no se pueden precisar todos los materiales posibles. Si se puede decir que, si queremos pocos moldes, un modelo en madera es más que suficiente por su costo y la calidad que aporta; ahora, si estamos hablando de confeccionar muchos moldes y de buena calidad superficial, lo que se necesita es un modelo metálico, que es más costoso y de mayor calidad.

### Procesos de conformado que hacen uso de:

1. Un modelo permanente para producir un molde consumible
2. Un modelo consumible y un molde consumible
3. Un molde permanente

La selección del proceso de conformado adecuado depende del tipo y de la cantidad de piezas fundidas requeridas y de las propiedades buscadas.

En el equipo que le proponemos, vamos a transitar el camino de la categoría 1.

Hagamos un punteo de lo necesario y de algunas tareas:

- Contamos con la documentación técnica de la pieza.
- Sobre la base de ésta, confeccionamos el modelo de la pieza y de los noyos necesarios.
- Mezclamos la arena -en el molino mezclador o en forma manual-.
- Creamos los noyos de la pieza deseada -si es que ésta posee alguno-, a través de la caja de noyo.

- Con el modelo realizado -generalmente en aluminio, madera, poliestireno expandido-, introducimos arena en el sobre y en el bajero, para poder generar el positivo y el negativo (llamados así en al jerga de la fundición).
- Retiramos el modelo; quedan, así, el positivo y el negativo de la pieza en arena mezclada con aglutinantes.
- Pintamos el positivo y el negativo con pintura al agua o al alcohol, según la terminación que deseemos dar a la pieza.
- En el positivo generado, realizamos los canales de colada, y la colocación de mazarotas, ataques. Esperamos que la arena endurezca del todo.
- Una vez que el proceso anterior concluyó, pintamos las caras de contacto con el acero líquido con una pintura especial para proteger al molde del calor.
- Cerramos el molde con un pegamento especial para altas temperaturas.
- Colocamos los bebederos para poder colar la pieza.

### **Pinturas refractarias<sup>21</sup>**

Las pinturas para la industria de la fundición constituyen una amplia gama de recubrimientos refractarios que se aplican de muy diferentes maneras a las superficies de moldes y machos que están en contacto con el metal fundido. El motivo de utilizar estos recubrimientos, no es otro que el de mejorar la calidad de las piezas fundidas.

En función del tipo de diluyente utilizado, se pueden diferenciar dos grandes familias de pinturas:

- pinturas al agua (secado en estufa) y
- pinturas al alcohol (secado al aire o flameando los machos).

Dentro de cada familia hay una gran cantidad de pinturas en función, fundamentalmente, de los tipos de materiales refractarios y de la manera en que la pintura va a ser aplicada (brocha, vertido, pistola, inmersión). Las características de las pinturas se acondicionan en función del sistema de aplicación.

La pintura se comercializa en pasta, con el grado de dilución necesaria y, en algunas ocasiones, en polvo. Se clasifican de la siguiente manera:

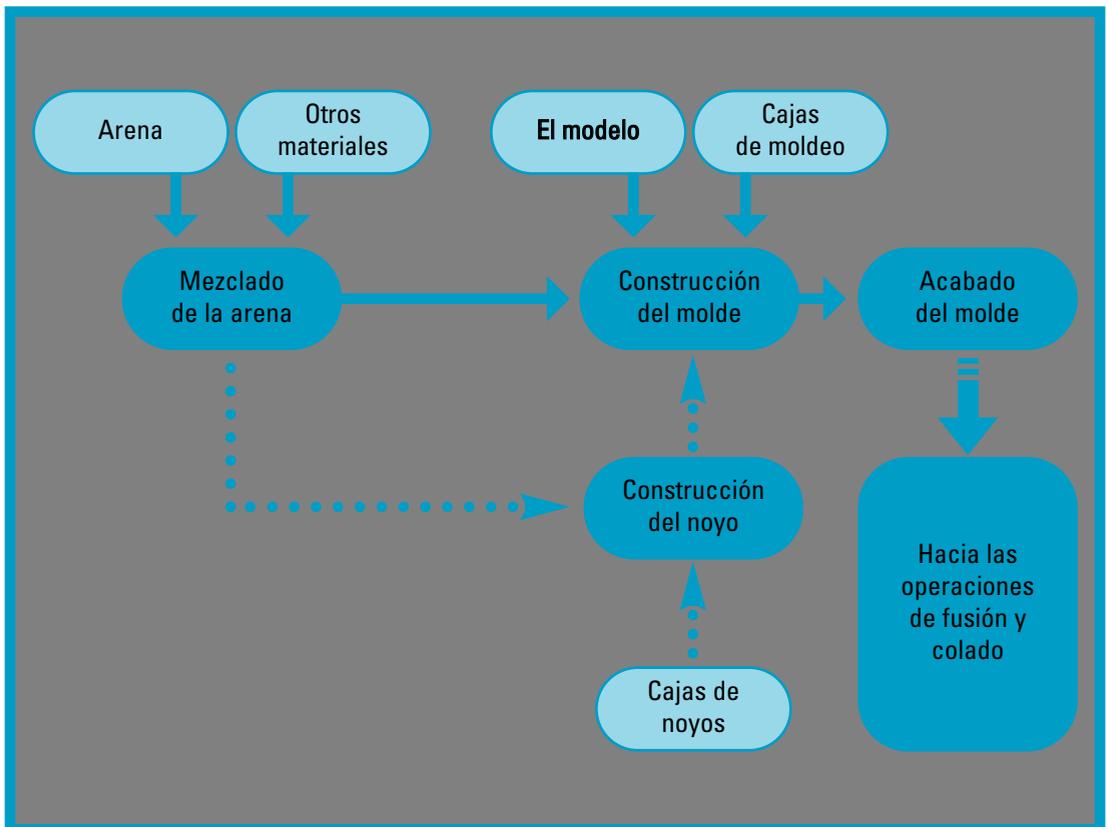
- Pinturas al agua y al alcohol de base zirconio ( $ZrSiO_4$ ), para piezas de acero y piezas pesadas de fundición.

<sup>21</sup>Adaptado de [www.ilarduya.com](http://www.ilarduya.com)

- Pinturas al alcohol de base grafito, para piezas de tamaño medio de fundición gris y esferoidal.
- Pinturas al agua de base silicato de alúmina.
- Pinturas al alcohol que combinan alúmina, silicato de alúmina y zirconio.
- Pinturas al alcohol de color blanco y base zirconio, para piezas de tamaño medio.
- Pinturas para pintar los modelos de poliestireno, para la fabricación de troqueles.

### Colas refractarias

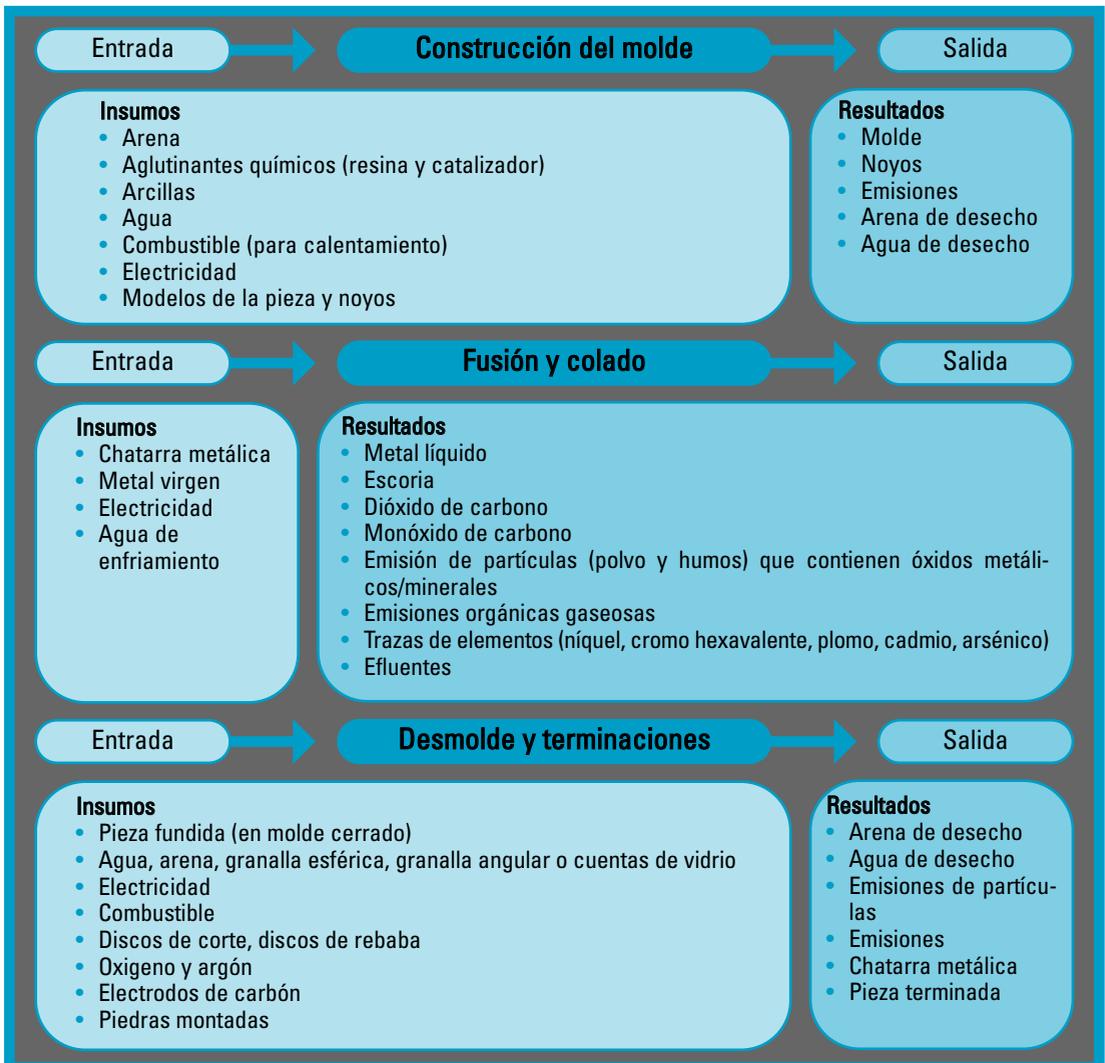
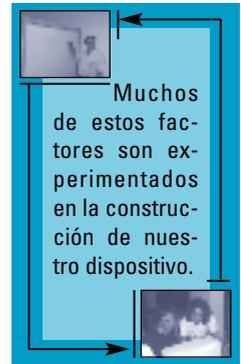
Son utilizadas para algunos trabajos en la construcción del molde. Las colas refractarias de pegado en frío se utilizan para la recuperación y montaje de machos. Las colas de pegado en caliente, para cáscaras y machos de arena prerrevestida.



Considerando que al sector de fundición de una empresa ingresan los modelos necesarios para continuar el proceso de obtención de la pieza, podemos determinar que las etapas siguientes son:

- Construcción del molde.
- Fusión y colado.
- Desmolde y terminaciones.

Centrándonos en estas etapas, es necesario analizar los insumos utilizados y los resultados obtenidos en la producción industrial de una pieza, datos en estrecha relación con los aspectos ambientales implicados.



# En la industria, en el taller de fundición

A continuación detallamos las etapas de trabajo a desarrollar con el equipo.

**Diseño del conjunto. Diseño de las piezas del conjunto. Documentación técnica (diseño técnico) de la pieza a fundir.** Al diseñar la pieza son muchos los factores a considerar -desde la imagen que se quiere transmitir hasta la resistencia, para lo cual se realizan los cálculos necesarios y se define la documentación técnica<sup>22</sup> para el modelista o matricero-. Aquí es fundamental una buena sintonía entre el fundidor, el modelista, el matricero y el diseñador. Este último debe conocer adecuadamente la técnica de fundición, con la finalidad de que pueda prever la limitación del costo, la perfección del modelo, la reducción de piezas defectuosas o desechos, y la calidad de las piezas.

**Confección del modelo.** Después de las correspondientes comprobaciones, el diseño pasa al modelista -si el modelo se construye en madera- o al matricero especializado -si se construye en metal-. Ambos actúan en colaboración con la fundición, ya que el modelo se construye teniendo en cuenta el sistema de moldeo que adoptará el fundidor, el grado de

contracción del metal y los espesores de mecanización que sean necesarios; además, si la pieza es hueca, es el modelista quien confecciona la correspondiente caja de noyos.

**Preparación de las cajas molde y cajas de noyos<sup>23</sup>. Preparación de la arena. Construcción del molde. Acabado superficial del molde y retoques. Armado del molde (colocación del noyo en la cavidad, unión de partes del molde).** Una vez concluidos tanto el modelo como la caja de noyos y realizadas todas las comprobaciones, éstos pasan al constructor del molde (moldeador), quien hace la reproducción en negativo. Para esto, prepara la arena -para el caso de moldes perdidos (aquellos que se utilizan sólo una vez y se destruyen), añadiéndole las materias adecuadas para que adquiera las propiedades convenientes para el buen éxito de la colada: permeabilidad, cohesión, refractariedad y dureza.

Con la arena preparada, modelo, caja y herramientas, se procede a la construcción del molde. Una vez finalizado éste es necesario levantar la caja, extraer el modelo, perfilar y asentar las partes arrancadas, colocar los eventuales noyos destinados a formar los huecos en el interior de las piezas y cerrarlo. Esta operación recibe el nombre de *retoque de molde o recomposición de la forma*.

Ya está todo preparado para la colada; entonces, se disponen adecuadamente los componentes en la cancha de colada, tomando todas las precauciones necesarias de acuerdo con las normas del taller de fundición.

<sup>22</sup> Los planos de fabricación señalan las dimensiones finales de las piezas a colar. Para evitar largos cálculos, los modelistas emplean unas reglas especialmente graduadas. A la longitud normal del metro se añade la contracción del material empleado y se divide en partes iguales. Por ejemplo: si la pieza fuera realizada en hierro fundido -cuyo grado de contracción es de 10 mm por metro-, se deben añadir 10 mm a los 1000 mm del metro normal. Por lo tanto, con una barra de 1 metro de largo, el modelista dará al modelo una longitud de 1010 mm.

<sup>23</sup> Disposición del molde para la colada.

**Preparación del metal líquido (fusión).** El metal se calienta a temperatura de fusión; es decir, se reduce del estado sólido al líquido. Esta operación puede realizarse en un horno de combustible o en un horno eléctrico; cada tipo de horno posee sus características, sus ventajas, sus inconvenientes, sus exigencias y sus aplicaciones particulares.

**Colada.** Cuando el molde está repasado y cerrado sólidamente de modo que resista la presión metalostática, se puede introducir el metal fundido en él, a través de una o más aberturas de colada (bebedero) previamente dispuestas en el molde.

**Enfriamiento y solidificación.** Después de la colada, se espera que la pieza solidifique y se enfríe en el molde. Las piezas pequeñas, de molde especial, se vacían en moldes de coquilla, y solidifican y enfrían en pocos instantes. Las mayores, coladas en moldes de arena, requieren algunas horas, más o menos, según sus dimensiones. En cuanto a las piezas macizas de gran tamaño, éstas no son accesibles a las operaciones posteriores más que al cabo de algunos días.

**Desmolde de la pieza.** Cuando la pieza se ha solidificado y enfriado hasta el punto de poder ser manipulada sin peligro, se procede al desmolde, ya se trate de coquillas o de cajas. Para realizar esta operación, después de levantar la caja se rompe el molde de arena con un martillo o una barra adecuada. Los moldes permanentes de yeso y las coquillas metálicas sólo han de abrirse ya que, después de sacada la pieza, son utilizados nuevamente.

**Acabado. Tratamientos térmicos. Recubri-**

**mientos y similares.** La pieza extraída del molde está áspera, tiene incrustaciones de arena y rebabas que corresponden a las juntas de la caja o de la coquilla, y lleva unidos bebederos, cargadores y mazarotas. Es necesario pulir la pieza, desprender los bebederos y los cargadores, desbarbarla, limpiarla con el chorro de arena... con el objeto de mejorar su aspecto y de hacerla apta para los procesos sucesivos. Algunas veces, las piezas han de ser sometidas a tratamientos térmicos (al recocido, el acero y el hierro fundido colado en la coquilla; al reposo o maduración artificial y a tratamiento térmico, las aleaciones de aluminio) o ser recubiertas por materiales protectores especiales (alquitranando los tubos para conducciones de agua y de gas, esmaltando las piezas para la industria química o para uso doméstico, galvanizando, estañando, etc.).

**Mecanización.** Las piezas destinadas a la fabricación de alguna máquina pasan, finalmente, al taller, para su mecanización por medio de máquinas-herramientas. Esta mecanización tiene por objeto dimensionar exactamente la pieza para que ajuste adecuadamente y para asegurar, con ello, el perfecto funcionamiento.

¿Por qué estamos deteniéndonos en la producción industrial? Porque, en Educación Tecnológica, esta producción es nuestra referencia, nuestro contexto, nuestra realidad; en ella surgen los problemas a los que debemos dar solución.

Por supuesto, este contexto no se repite en los ámbitos educativos, por diversos motivos; uno de ellos es la falta de equipos para concluir una actividad en términos reales.



En este material de capacitación hemos optado por detenernos, principalmente, en el concepto de molde, trabajar una serie de contenidos relacionados con éste y, con la premisa de que en cualquier escuela se pueda recrear un contexto industrial, concluimos en un **simulador** que prescinde de equipos específicos -como puede ser un horno de fusión-, pero que no los excluye, ya que la teoría con la que acompañamos este recurso didáctico permite su contextualización industrial.



## Nuestro simulador de fundición

Vale la pena aclarar que la construcción y la utilización de este simulador de fundición fuera de una secuencia didáctica que incluya el proyecto de una pieza como situación proble-

mática, no nos va a permitir transitar los caminos de una Educación Tecnológica propia de los tiempos que corren.

En la parte 3 de nuestra obra le hemos propuesto una secuencia de trabajo que permite la construcción del equipo dentro de una acción de proyecto tecnológico, propia de la educación técnico-profesional.



### Etapas para la construcción del simulador de fundición

1. Documentación técnica de la pieza a fundir.
2. Construcción del modelo en madera (pieza y noyo).
3. Comprobación del modelo.
4. Construcción de las cajas de moldeo, en madera (sobre y bajera).
5. Construcción de la caja de noyos, en madera.
6. Proceso de construcción del molde, en yeso.
7. Fusión y colada de parafina.
8. Desmolde.
9. Comprobación de la pieza.

#### 1. Documentación técnica de la pieza a fundir

El plano técnico es de fundamental importancia para lograr la pieza. Lo más importante a tener en cuenta es que este plano nos indica todos los datos necesarios para la pieza terminada, aquella que se utilizará en un producto o que, incluso, es el producto final terminado.

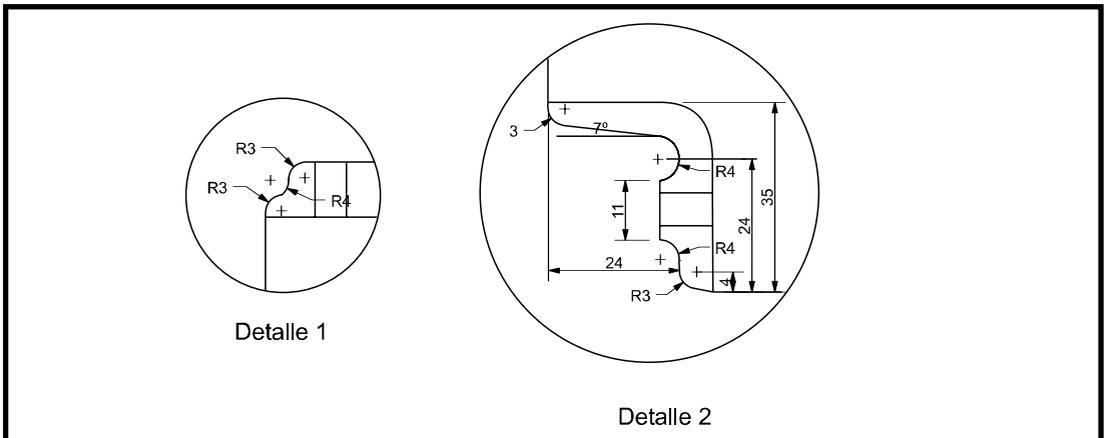
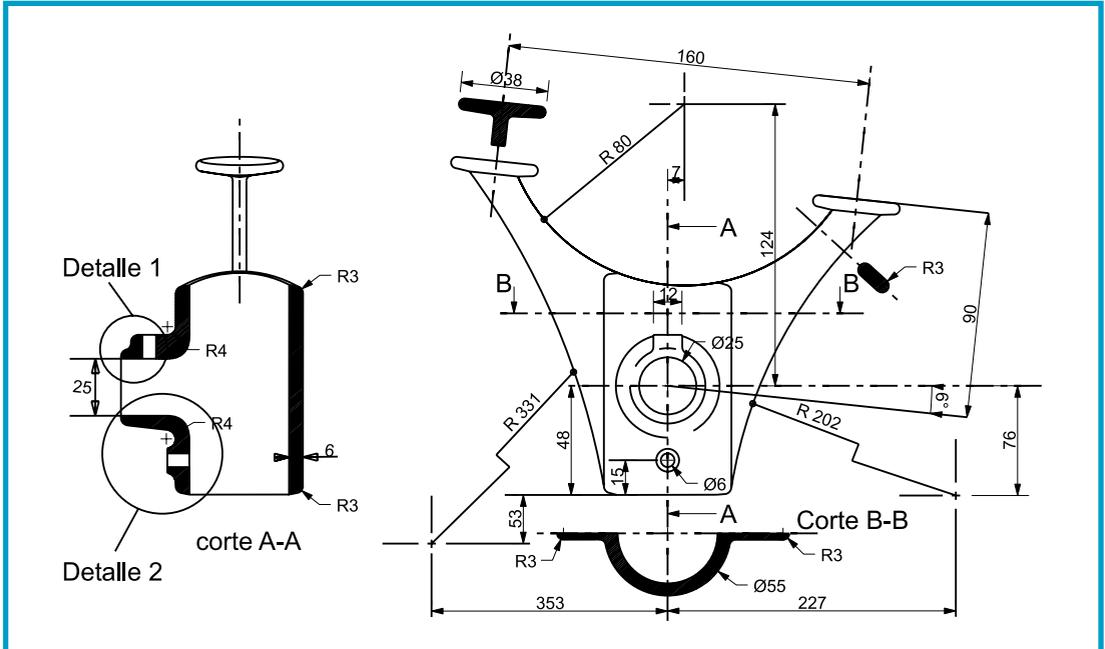
¿Por qué aclaramos esto que para la educación técnico-profesional es básico? Porque, antes de comenzar a realizar el modelo debemos considerar el material; y, cómo éste nos da la información de la contracción, porque las medidas de este plano no van a ser las del modelo. Éste debe ser un poco más grande

-según el tamaño de la pieza, influirá más o menos en el tamaño de dicho modelo-

Algo similar sucede con los sobremetales necesarios -por ejemplo, en las zonas que van a ir perforadas para los prisioneros- que tampoco están en los planos.

Ésta es información que el modelador con

experiencia determina antes de comenzar su trabajo y que nuestros alumnos también deben aprender a puntualizar; porque, la pieza que se desea obtener es el resultado de un proceso de diseño, con el cual se ha intentado generar una propuesta nueva sin provocar demasiados cambios en los procesos productivos que marca la capacidad instalada en la empresa.



## 2. Construcción del modelo en madera (pieza y noyo)

En nuestro caso, para la construcción del modelo nos valemos del plano técnico y de una calculadora. Porque, para cada dimensión observada en el plano, necesitamos hacer la conversión necesaria para la construcción del modelo.

Por ejemplo, tomemos el R80 de la curva principal de los dos apoyos. Las coordenadas de su centro son (7, 124) en relación con el centro de referencia. La tabla nos indica que, para piezas pequeñas, el aluminio sufre una contracción del 1,3 al 1,5 %; como los datos son de contracción lineal, convertimos la ubicación del centro del radio R; por lo tanto, la nueva ubicación es (7.10, 126).

### Contracciones lineales medias de fundición de las aleaciones más corrientes

Aleación	Dimensiones del modelo		Contracción mm/m	%
	Piezas macizas mm	Piezas con machos mm		
Fundición gris	Hasta 600 De 630 a 1200 Más de 1200	Hasta 600 De 630 a 920 Más de 920	10 8,5 7	1 0.85 0.7
Fundición gris de gran resistencia	Hasta 600 De 630 a 1200 Más de 1200	Hasta 600 De 630 a 920 Más de 920	13 10,5 8,5	1.3 1.05 0.85
Fundición blanca colada en arena			15 a 16	1.5-1.6
Fundición blanca colada en coquilla			18	1.8
Fundición maleable Espesores de:				
- 3 mm			13	1.3
- 10 mm			10	1
- 20 mm			7	0.7
Acero	Hasta 600 De 630 a 1800 Más de 1800	Hasta 450 De 480 a 1200 De 1220 a 1675 Más de 1675	20 15.5 13 11	2 1.55 1.3 1.1
Bronce mecánico con 10 % de estaño			14	1.4
Latón con 37 % de zinc			16	1.6
Aluminio y sus aleaciones	Piezas pequeñas Piezas medianas Piezas grandes	Pequeñas Medianas Grandes	13 a 15 12 a 13 11 a 12	1.3-1.5 1.2-1.3 1.1-1.2
Aleaciones de magnesio			11 a 14	1.1-1.3-1.4
Metal blanco antifricción			2 a 3	0.2-0.3

Así, dimensionamos las plantillas necesarias para realizar los cortes de las maderas para el modelo.

Observando el plano, vemos que se destaca una parte plana (la "v" de apoyo) y el cilindro principal que, en cada placa, es medio cilindro. Luego, sobresalen los dos apoyos, cilindros chatos, en los cuales son necesarios

ángulos de desmolde correspondientes -por su altura, 19 mm desde su centro, el ángulo de desmolde necesario es muy pequeño-. Para dimensionarlos, acudimos a la tabla; en ella observamos los valores aconsejables de la salida s en milímetros, el porcentaje y el ángulo de salida, para modelos sólidos y bien terminados.

Altura del modelo mm	Salida			Observaciones
	mm	%	Ángulo de salida	
Hasta 40	0,5	1,25	1' 30"	Para paredes o nervaduras delgadas, conviene aumentar estos valores hasta duplicarlos.
40-59	0,75	1,8-1,2	1'	
60-119	1	1,7-0,8	40"	
120-159	1,5	1,25-0,9	40"	
160-199	1,75	1,1-0,9	40"	
200-249	2	1-0,8	30"	
250-299	2,5	1-0,8	30"	
300-399	3	1-0,75	30"	
400-499	3,5	0,9-0,8	30"	
Más de 500	4	menos de 0,8	30"	

Otros valores de la salida, en porcentaje, y del ángulo de salida.

Tipo de modelo	Salida		Aplicaciones
	%	Ángulo	
Sin salida	0,2	0° 1'	Columnas y modelos de altura >2 m
	0,5	0° 7' 10"	
Salida mínima normal pronunciada	1	0° 34' 30"	Huecos en placas modelo
	2	1° 9'	
	5	2° 52'	
Portada de noyos	5	2° 52'	Portadas o marcas del noyo de poco diámetro (20 mm o menos)
	10	5° 42' 30"	
	20	11° 18' 30"	Portadas o marcas a cubrir con la caja superior, portadas normales de los filtros
Hueco dentro de placas modelo	50	25° 4'	
	100	45°	

La salida puede reducirse en algunos casos; a saber:

- en modelos metálicos,
- en los modelos de precisión cuidadosamente acabados,
- con el uso de desmoldantes (siliconas para los modelos en metal y talco para los de madera,
- por medio de un barnizado adecuado que proteja la humedad del modelo de madera y que evite su tendencia a adherirse al material del molde,

- por redondamiento de las aristas salientes y entrantes,
- percutiendo el modelo en todos los sentidos del plano horizontal, a fin de lograr el huelgo<sup>24</sup> que facilite su extracción.

Barnizamos los modelos con colores diversos, según la clase de metal que se emplee en la colada; esto evita errores y es una indicación de mucha utilidad para la fundición.

La tabla siguiente indica los colores utilizados para los modelos, según los metales a utilizar.

Denominación	Material de las piezas fundidas				
	Hierro fundido	Acero y hierro maleable	Bronce y latón	Aleaciones ligeras	Otros metales
Superficies del modelo y de la caja de noyos correspondientes a superficies grises de la pieza y eventuales superficies de partición de los modelos (Se indica en negro el perfil del macho)	Bermellón	Azul	Anaranjado	Gris	Laca incolora
Superficies del modelo y de la caja de noyos correspondientes a superficies a mecanizar	Rojo con rayas amarillas	Azul con rayas amarillas	Amarillo con rayas rojas	Gris claro con rayas amarillas	Lacado incoloro con rayas amarillas
Partes correspondientes a porciones de la pieza que se quitan (mazarotas, etc.)	Rojo con rayas negras	Azul con rayas negras	Amarillo con rayas negras	Gris claro con rayas negras	Lacado incoloro con rayas negras
Portadas o marcas del modelo y de la caja de noyos, o correspondientes a piezas que van incorporadas. Superficies en el modelo y en la caja de noyos correspondientes a afloramientos de los noyos	Negro (Cuando el noyo origina en la pieza superficies que han de ser mecanizadas, se acota, señalando la portada o marca con una línea longitudinal negra)				
Asientos de partes móviles	Sin barnizar con orla negra de contorno hacia el interior de la superficie cubierta por la parte móvil				
Refuerzos cuyas huellas se rellenan en el molde	Sin barnizar, pero con trazos de líneas entrecruzadas				
Gargantas de media caña a realizar directamente en el molde	Líneas negras de trazos, que limitan la zona de media caña, y el añadido del valor del radio de la media caña				

<sup>24</sup> En lenguaje técnico, llamamos **huelgo** al espacio entre dientes entre dos engranajes; por lo que ésta es una transferencia conceptual desde aquel ámbito hasta éste de la matricería.

Si queremos la mejor precisión, es indispensable que los modelos sean igualmente exactos, y que conserven este rasgo mientras estén en uso e, incluso, durante su almacenamiento.

Por lo tanto, los modelos de madera deben construirse en madera sometida a un secado conveniente y pintarse con un barniz impermeable.

También es importante que la tarea de nuestros alumnos se ajuste a los criterios para la construcción del modelo, que son distintos según hayan de servir para una sola pieza, decenas o miles.

Si una pieza ha de utilizarse en bruto -o sea, tal como queda luego de desbarbada y limpia-, el modelo no necesita una preparación especial; pero sí, en cambio, ha de ser mecanizada en una o más superficies, debe darse al modelo un espesor suplementario o de mecanización, que suele estar comprendido entre los 3 y 8 mm -aunque en las piezas de precisión puede quedar reducido a una pocas décimas-.

En esta instancia, situémonos en la empresa. En plena decisión de construcción del modelo, su costo ya no es tema de discusión: Una vez que se ha escogido el tipo de construcción, según el servicio que el modelo va a prestar, no se deben hacer economías para hacerlo perfectamente adecuado al fin; esta decisión ahorra trabajo al modelador del molde, evita errores y piezas defectuosas, reduce espesores de mecanización y manipulaciones posteriores de la pieza, aumenta la durabilidad del modelo y proporciona piezas de mejor aspecto, calidad y peso.

Ya hemos hecho hincapié en las precauciones con respecto a las dimensiones relevadas del plano, y a normas y códigos referidos a los modelos, que son de fundamental importancia a la hora de pleno trabajo en el taller de fundición. Ahora, antes de la comprobación del modelo, debemos construirlo; en nuestro caso, con iguales características que en un medio productivo, aún cuando entran en juego aspectos artesanales muy ligados a la carpintería, ya que ésta es la opción que hemos tomado.

Optamos por la utilización de MDF (tableros de fibra de densidad media) de distintos espesores y madera natural. Entonces:

- Utilizando las plantillas confeccionadas sobre la base del plano, dibujamos sobre la madera las piezas necesarias para el relieve de la placa modelo.
- Realizamos el corte de cada una.
- Confeccionamos la media caña.
- Confeccionamos el cono trunco.
- Preparamos una placa de 320 x 280 mm x 15 mm de espesor, la que oficiará de placa modelo.
- Preparamos los tarugos guía.
- Sobre la placa, marcamos con precisión dónde realizaremos los orificios de los tarugos.
- Realizamos las dos partes planas iguales, las que irán en ambas placas.
- Las ubicamos exactamente, mediante coordenadas, sobre las placas.
- Estas coordenadas deben permitir que ubiquemos las medias cañas.

- Colocamos los medios cilindros achata-dos que ofi-cian de apoyo.

Cuando hablamos de "colocar", entendemos "adherir con pegamen-to".

Una vez compuesto este relieve, comen-zamos a pulir detalles; con masilla plástica, intentamos redondear las aristas que así lo requirieran. Previamente, es posible que hayamos necesitado pasar una lija para comenzar con esta tarea. También es posible que sea necesario un primer tratamiento grueso y, luego, uno más fino para darle

mejor terminación. Este acabado será el últi-mo, cuando le demos la mano de pintura final.



**Placa modelo**

### **Clasificación de los modelos, basada en los materiales empleados en su construcción**

**Modelos de madera.** Son de fabricación rápida, pero muy sensibles a la acción atmosférica, deformables, poco duraderos y de fácil combustión. Son adecuados para el moldeo de pocas piezas. Los modelos para piezas de grandes dimensiones se hacen de madera, por razones de economía.

Las maderas más usadas son:

- Blandas: abeto, pino y álamo.
- Duras: nogal, haya, roble y alerce.

El abeto se emplea, sobre todo, para arma-zones interiores; el pino se destina para las partes que deben quedar a la vista y que han de ser trabajadas en máquinas.

**Modelos de metal.** Son menos deformables,

más duraderos y muy aconsejables para series grandes de piezas pequeñas o me-dianas, o para series repetidas en largos intervalos de tiempo.

Los metales más usados en la construcción de modelos son el latón y las aleaciones basadas en aluminio; algunas veces, tam-bién se emplean el bronce y el hierro fundi-do.

Para los modelos que van sobre placa -modelo se utiliza mucho la aleación de plomo, estaño y antimonio en proporciones varias; esta proporción es llamada *metal sin contracción*, ya que ésta es de, escasa-mente, un 3 %.

Para construir un modelo metálico hay que preparar, previamente, un primer modelo lla-mado de doble contracción, sobre el cual se calculan las contracciones: la del metal del modelo y la de la pieza definitiva. Además,

hay que prever los espesores suplementarios de mecanización para una y otra.

**Modelos de resinas sintéticas (cemento, yeso, etc.).** Éstos se utilizan para la confección de placas-modelo, principalmente.

La cera de abejas, sola o mezclada con parafina y resina, se emplea en el molde en cera perdida, en la fundición artística y en la microfusión.

La resina y las mezclas a base de este material (fenólicas, acetilenas y polivinílicas) son muy poco usadas en la construcción de modelos.

**Modelos simplificados y perdidos.** Cuando las piezas a obtener son una sola o muy pocas, o son de gran tamaño se recurre, por economía, a los modelos simplificados o a los modelos perdidos; por lo tanto, los modelos pueden clasificarse también en:

- Modelos al natural, enteros o divididos, con o sin caja de noyos.
- Modelos simplificados, con o sin caja de machos.
- Modelos perdidos, con o sin caja de machos.

**Modelos simplificados constituidos por una armazón o esqueleto.** Sirven al fundidor para construir un falso modelo con el material de moldeo; de éste se hace el molde defini-

tivo que, a su vez, cuando se trata de una pieza hueca, se adopta como caja de noyos para fabricar el noyo.

**Modelos simplificados formados por una terraja o calibre.** Están trazados sobre una tabla de madera aplicada a un soporte que gira en torno a un eje, cuando la pieza es un sólido de revolución.

**Modelos simplificados formados por una plantilla.** Están trazados en una tabla de madera que corre por guías adecuadas.

**Modelos perdidos.** Aquellos que quedan destruidos en el acto mismo de la colada, porque están hechos con materiales fusibles<sup>25</sup> o combustibles, y no deben extraerse del molde antes de la colada. El material más usado es la cera, que da lugar al moldeo en cera perdida. Otro criterio es la utilización de modelos en poliestireno expandido que, al hacerse la colada, se destruyen.

**Placas modelos.** Pueden ser de tres tipos:

- De una sola cara.
- De doble cara, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas a las dos caras opuestas de una misma placa.
- De dos placas, cuando las dos mitades de un modelo van aplicadas cada una a su propia placa.

<sup>25</sup>Según la Real Academia es **fusible** un material que se puede fundir; por eso, los fusibles utilizados en electricidad llevan ese nombre, ya que el material del que están compuestos se funde ante el paso de mucha corriente o cortocircuito, y permite que no haya más paso de corriente.

### 3. Comprobación del modelo

Para esta comprobación no esperamos a que esté terminado.

Primero, realizamos los cortes un poco más pequeños que las plantillas -por lo menos, 1 mm-.

Segundo, encaramos el tratamiento grueso que debe ser suficiente para compensar el cambio de dimensiones de las plantillas a los cortes.

Aconsejamos a nuestros alumnos que, en el lijado del tratamiento grueso, realicen la primera comprobación dimensional del modelo, utilizando todo el instrumental de medición disponible. ¿Por qué? Porque, al disponer de un tratamiento fino posterior, éste va a permitirnos reparar cualquier error.

Luego de esta reparación, realizamos la comprobación final.

### 4. Construcción de las cajas de moldeo, en madera (sobre y bajera)

Estamos construyendo dos mitades que deben coincidir sin ningún error -si esto no ocurre, el resultado es una pieza defectuosa-.

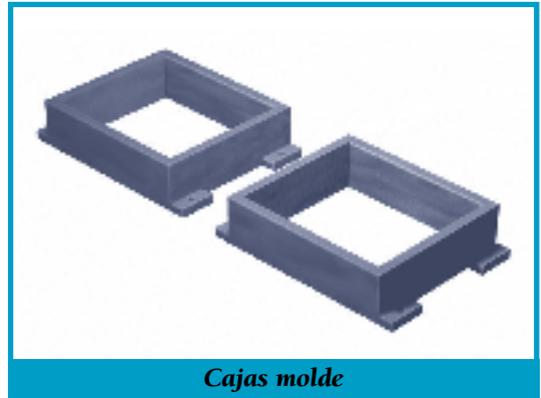
Ya en las placas hemos trabajado con coordenadas para ubicar las partes que hacen al relieve de la placa, al igual que los tarugos. Es importante que coincidan ambos relieves en su ubicación sobre las placas; porque, cualquier desfase en esta instancia generará un escalón en la línea de molde, cuando se arme el molde para realizar la colada, escalón

que se observará en la pieza luego de colada.

Sumemos, además, que los tarugos deben estar ubicados a las mismas distancias de los vértices de las placas; entonces, éstos deben coincidir con los orificios de las cajas; y estos orificios, a su vez, coincidir entre sí. Y, por una propiedad de coincidencias, las dos cavidades de ambas cajas deben coincidir en el interior del molde.

Con estos requisitos vamos a construir las cajas: Cuando ambas se coloquen una pegada a la otra, deben coincidir sus dos mitades, para lograr una pieza satisfactoria.

Para la construcción utilizamos madera natural, aceitada o barnizada para que resista la humedad del yeso.



### 5. Construcción de la caja de noyos, en madera

La construcción de la caja de noyos (un molde para realizar los noyos), es de iguales características que las del molde principal.

En nuestro simulador no realizamos el noyo; porque, de realizarlo -por ejemplo, en yeso-,

luego de efectuada la colada no lo podríamos extraer del interior de la pieza, ya que una de las características del noyo en condiciones reales, es su colapsabilidad.

La **colapsabilidad** del noyo es su destrucción debida a la temperatura del metal fundido luego de realizada la colada, en razón de los gases que se forman en el interior del molde en el lapso de enfriamiento.

En nuestro caso, realizamos un noyo postizo en cartulina y con interior de algodón; de esta manera, luego de extraída la pieza se puede desarmar simplemente.

La única condición es que, dimensionalmente, ajuste en las portadas de las cajas.

## 6. Proceso de construcción del molde, en yeso

Para lograr las cavidades del molde, utilizamos las placas modelos y las cajas.

Apoyada la placa modelo en una mesa, colocamos la caja sobre ella y la guiamos por los tarugos. Fijamos placa-caja, con unas pequeñas mordazas -de las orejas de las cajas al inferior de la placa modelo-, para que no se levanten cuando vertamos el yeso. Antes de esto, colocamos los canales de colada y de respiración necesarios, que no son parte de la placa modelo, sino adicionales y prefabricados.

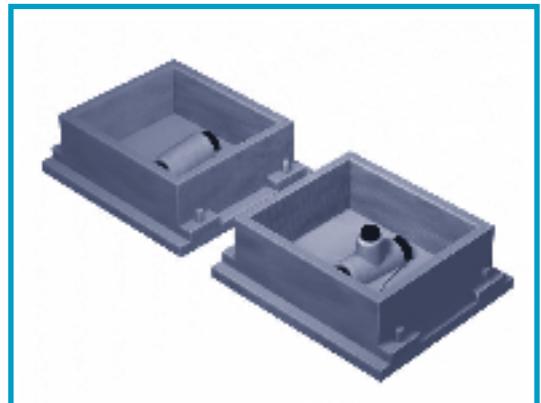
Luego, rociamos con siliconas -que pueden ser las de uso automotor- la superficie de la placa.

Paralelamente, preparamos yeso lo más fluido posible, de manera que cuando realicemos el vertido pueda llegar a los distintos rincones de la placa modelo, de manera de copiar todos los detalles.

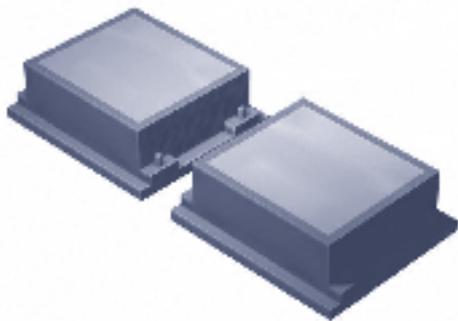
Será necesario aguardar unos cuantos días para que seque el yeso -que, por sus características, guarda mucha humedad-. Una vez seco, observamos si hace falta algún tipo de reparación, para lo cual podemos utilizar el enduido plástico usual en trabajos de pintura.

Concretado este paso, podemos pintar el molde. Es aconsejable que lo hagamos a soplete, porque el pincel deja marcas y, luego, éstas se copian sobre la superficie de la pieza terminada; y, preferiblemente con esmalte sintético que no quede muy texturado.

También podemos optar por no pintar el molde; pero, con la precaución de embeberlo lo suficiente con silicona, para evitar la adherencia del material de colada en él.



**Ubicación de las cajas sobre la placa-molde**



*Cajas después de volcado el yeso*



*Medios moldes, luego de fraguado el yeso*



*Colocado del noyo*



*Noyo ubicado sobre las portadas*

## 7. Fusión y colada de parafina

La parafina no es desconocida; se trata de un material muy difundido en la construcción de velas que funde simplemente a baño María. Para lograrlo, debemos tener paciencia y evitar realizar la colada apenas se ha concretado la fusión, esperando unos 10 minutos más para que se caliente.

Otro detalle importante es entibiar el molde; por ejemplo, dentro de un horno de cocina. Esto permite que la parafina fluya más rápidamente y complete el interior del molde.

Es aconsejable utilizar una parafina dura o con endurecedor, para que la pieza resultante sea más estable y no le afecte la temperatura ambiente.

## 8. Desmolde

Antes de compartir algunos consejos para el desmolde, recordemos cómo armamos el molde.

Antes de cerrar el molde, rociamos con silicona las superficies de los dos medios moldes. Antes de cerrarlo, comprobamos que el canal de colada y el de respiración se encuentren abiertos. Colocamos el noyo sobre las portadas; podemos poner a éstas un poquito de grasa grafitada, para que opere como sello; lo mismo en todo el borde de los medios moldes (borde de la cavidad), de manera que al cerrar selle y evite la fuga de parafina en la colada. Hacemos coincidir las orejeras, colocamos unos tornillos para que sujeten y centren; de esta manera, queda cerrado el molde.

El desmolde se realiza luego de un tiempo más que prudencial para su enfriamiento; habitualmente, es necesario dejar pasar varias horas. Colocarlo en la heladera es un error terrible, ya que la parafina se contrae mucho hasta resquebrajarse.

En primera medida, retiramos los tornillos, aflojando un poco cada uno. Luego de retirar los todos, damos unos suaves golpes laterales, introducimos suavemente una hoja de cúter y hacemos un poco de palanca. Realizadas estas operaciones, la pieza va a desprenderse y será posible retirar una de las mitades; luego, resta retirar la pieza de la otra mitad y, por último, extraer el noyo de cartulina.

La pieza sale con sobrantes de material; básicamente, el material solidificado en el canal de colada y en los canales de aireación.



**Pieza terminada**

## 9. Comprobación de la pieza

Para este punto, necesitamos los planos técnicos iniciales, instrumentos de medición y la pieza obtenida.

El trabajo es sencillo; observamos la dimensión en el plano y tratamos de tomarla sobre la pieza. Si coincide, nuestra pieza ha respetado las dimensiones del diseño preestablecido y esto es lo que importa.

Hay dimensiones que son más importantes que otras. ¿Qué queremos decir con esto? Si una pieza tiene un sector que se debe vincular con otra, ese sector debe respetar las dimensiones de diseño; en cambio, tal vez pueda evitarse esta condición en alguna parte externa que no está en contacto con nada.

**Contracción por solidificación:** Reducción dimensional que acompaña al endurecimiento (solidificación) del metal que pasa del estado fluido al estado sólido.

**Marca de contracción:** Depresión superficial que, algunas veces, aparece cerca de una sección pesada que se enfría más lentamente que las zonas adyacentes.



*Plano como plantilla*



*Corte de MDF*



*Partes unidas, para lijarlas a ambas iguales*



*Comprobación del tamaño*



*Pegado según coordenadas*



*Armado del centro*



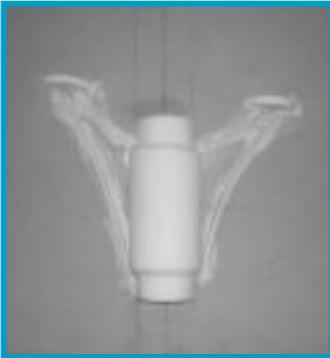
*Masillado*



*Masillado y primer pintado*



*Pegado y armado de sobremetales*



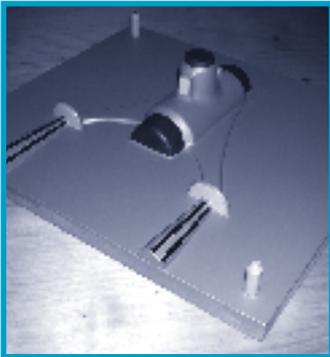
*Pegado del centro y masillado*



*LijadoCorte de MDF*



*Pintado*



*Codificación con colores*



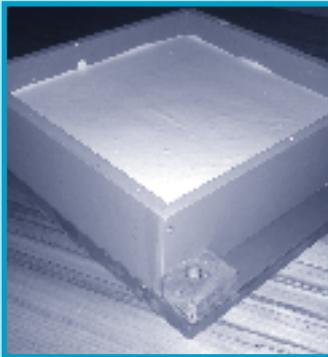
*Presentación de la caja*



*Caja y placa modelo listas para la colada*



*Colada de yeso*



*Caja lista para el secado*



*Primer medio molde*

# Realidades productivas

Como observamos, todo lo que sucede desde la construcción del modelo es un trabajo de taller.

Para este caso en particular, hemos considerado que su desarrollo se realiza en una escuela común que dispone de herramientas y de materiales comunes. Durante la tarea, aconsejamos integrar contenidos de medición, los cuales requieren de instrumentos no tan comunes pero que son de suma importancia cuando hablamos de construcción de matrices.

En la etapa final se sucede la serie de tareas constructivas manuales del modelo, que nos permite la construcción del molde y con él, una pieza que corresponde al diseño propuesto de producto.

En esta etapa final, toma mucha relevancia la coincidencia dimensional entre la documentación técnica -planos-, el modelo y la pieza. Todo debe coincidir; para esto, los alumnos

- miden el espesor de una parte del modelo,
- miden sobre la pieza obtenida del molde y
- consultan en el plano.

Si todo coincide, han logrado una muy buena producción, que es resultado de una serie de intervenciones individuales y colectivas a lo largo de una actividad propia de tecnología: Desde una idea-proyecto hasta la pieza necesaria para el producto que la representa, una realidad productiva, un comienzo.

## Simulación computacional en los procesos de fundición<sup>26</sup>

A través de un estudio realizado por el Centro de Mecánica del INTI en el área de la fundición de metales ferrosos y no ferrosos, se pudo comprobar cierta deficiencia en los procesos productivos relacionados con la adecuación e introducción de técnicas modernas de simulación, las cuales deberían optimizar los procesos de fundición en ambientes computacionales, reduciendo al máximo la técnica prueba-error.

Este conjunto de técnicas, cada vez más utilizadas internacionalmente, permite simular los procesos de fundición mediante sistemas computacionales como Soporte Computacional en Tecnología de la Fundición -SCTF- o *Castig Simulation*.

En la actualidad existe una considerable franja de pequeñas y medianas empresas fundidoras que no están en condiciones de introducir dentro de su operatoria de producción el SCTF como una herramienta más en la temática de la tecnología de la fundición. Esto obe-

<sup>26</sup>Instituto Nacional de Tecnología Industrial.  
[www.inti.gov.ar/hilo/h5/h5-4.php](http://www.inti.gov.ar/hilo/h5/h5-4.php)

dece, esencialmente, a dos factores: al alto costo de compra o alquiler de los programas de origen extranjero, y la falta de infraestructura y conocimientos de base necesarios para ejecutar esta clase de programas de simulación. Para optimizar sus procesos de fundición, dichas empresas deberán contar con programas de simulación correspondientes, programas gráficos de generación de sólidos (CAD) y el equipamiento computacional adecuado.

Ante este cuadro de situación, el Centro de Mecánica del INTI decidió crear el Laboratorio de Fundición bajo las siguientes directrices tecnológicas:

- Brindar soporte computacional a las empresas del área de la fundición.
- Difundir y capacitar en la temática de la simulación computacional a la industria.
- Apoyar la actividad industrial de la fundición en todos los problemas tecnológicos que excedan la capacidad del laboratorio, mediante la vinculación con organismos estatales (nacionales y provinciales), universidades y laboratorios privados del área.
- Realizar actividades de investigación tecnológica aplicada.

### **Simulación de procesos de fundición y sus beneficios para la industria**

La simulación de procesos de fundición consiste en reproducir en un ámbito computacional todas las etapas involucradas en el proceso de obtención de una pieza, tanto para materiales ferrosos como no ferrosos:

- La generación del modelo.
- La generación del molde.
- El proceso (por gravedad, inyección u otra técnica).

Esta novedosa técnica conlleva los siguientes beneficios:

- Detección, en forma virtual, de posibles defectos de fundición (ferrosos y no ferrosos); entre otros: micro y macros rechupes, porosidad gaseosa y mal llenado de las piezas.

- Ensayo de soluciones en forma interactiva y rápida, antes de fundir.
- Minimización de la técnica prueba-error, cada vez más desestimada por antieconómica.
- Obtención de información de variables físicas (presión, velocidad, temperatura) en zonas que, por lo general, es casi imposible medir en un proceso real.
- Visualización de cómo sería el llenado del molde, cosa imposible en la práctica.

### **Una nueva etapa para el diseño: La simulación**

La inserción de los programas de simulación computacional en los procesos de fundición establece una nueva forma de encarar el diseño de las piezas. Ahora, debe incluirse dentro del esquema productivo una nueva etapa: la simulación, la cual tiene como herramienta fundamental el programa de simulación.

Bajo este nuevo esquema, se establece un flujo de información interactiva entre las divisiones o sectores involucrados en los procesos de fundición que redundará en una optimización del proceso y, por ende, en la reducción de costos productivos.

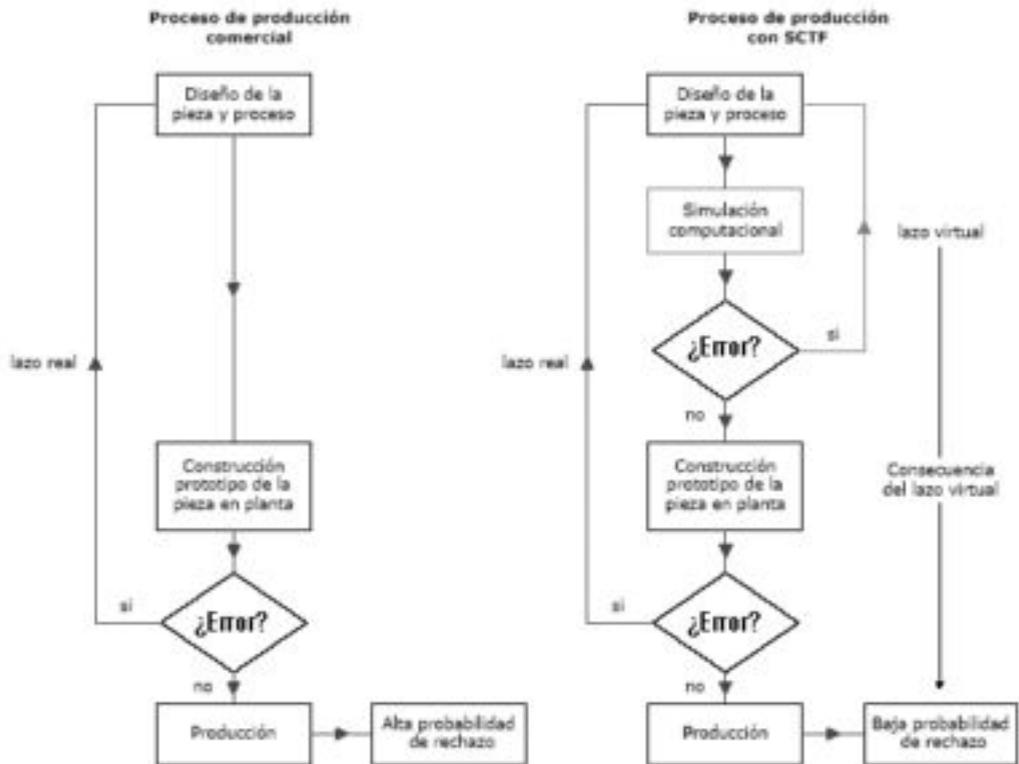
La técnica prueba-error es costosa, pues el diseño del proceso es probado en condiciones normales; implica insumo de materiales, gastos energéticos y de operación. Si aparece un error, la pieza debe volver a la oficina de diseño, ser modificada y, luego, probada nuevamente. Cuantos más ciclos se involucren en el proceso, más costos se generan.

La técnica de simulación permite realizar la optimización en ambiente computacional, con mucha velocidad y sin costos de insumos materiales y de energía. Claro que, para ello, hay que contar con un programa de simulación poderoso, dado que se están representando casos reales en ambiente virtual.

### **Laboratorio de fundición de INTI-Mecánica**

En lo referente a simulación computacional en tecnología de la fundición, el INTI cuenta con una licencia comercial del software Pam-Quikcast del ESI-Group (Francia) que es, a su vez, propietaria del programa *ProCast*. Es importante señalar que dicha licencia se encuentra contenida dentro de un acuerdo de cooperación científica y educacional con ese país para realizar de manera conjunta actividades de investigación, capacitación y servicios a la industria.

- Llenado: El programa efectúa la descripción de la forma y velocidad con que se llena el molde.
- Solidificación: Representación de la variación de temperatura con el tiempo.
- Defectos: Ubicación de los macrorrechupes. Simulación colada por gravedad.



## 5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–  
Oficina 112  
Saavedra 789. C1229ACE.  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.  
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a [evcenet@inet.edu.ar](mailto:evcenet@inet.edu.ar), enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

*Desde ya, muchas gracias.*

# Identificación del material:

Las dimensiones que se consideran para la evaluación del módulo de capacitación y del recurso didáctico son:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Nivel educativo                       | 5. Documentación                               |
| 2. Contenidos científicos y tecnológicos | 6. Otras características del recurso didáctico |
| 3. Componentes didácticos                | 7. Otras características del material teórico  |
| 4. Recurso didáctico                     | 8. Propuestas o nuevas ideas                   |

## 1. Nivel educativo en el que trabajó el material:

Nivel educativo	EGB 2	EGB 3	Polimodal (*)			Escuela técnica (*)						Trayecto técnico-profesional (*)	Formación profesional (*)	Otra (*)	
			1	2	3	1	2	3	4	5	6				
Nivel en el que usted lo utilizó															

Asignatura/espacio curricular en el que usted lo utilizó:.....  
 .....

(\*) Por favor, indique la modalidad, la orientación, la especialidad, etc.  
 .....

## 2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





### 3. Componentes didácticos:

#### 3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro <sup>1</sup>
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario): .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>1</sup> Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.

## 3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica  Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:	Mejor	Igual	No aplicado <sup>2</sup>	Incorporado <sup>3</sup>
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

<sup>2</sup> No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

<sup>3</sup> Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.



3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				



4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

<b>a.</b> <input type="checkbox"/> <b>Planificación.</b>	<b>b.</b> <input type="checkbox"/> <b>Diseño en dos dimensiones.</b>
<b>c.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción, armado.</b>	<b>d.</b> <input type="checkbox"/> <b>Ensayo y control.</b>
<b>e.</b> <input type="checkbox"/> <b>Superación de dificultades</b> (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
<b>f.</b> <input type="checkbox"/> <b>Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares</b> (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.).	

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Si	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

<p><b>a.</b> <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p><b>b.</b> <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p><b>c.</b> <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p><b>d.</b> <input type="checkbox"/> Otra (Por favor, especifíquela).</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>



4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):



a.  Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

b.  Es más económico.

c.  Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

d.  Es más adaptable (a diversos usos).

e.  Otra (Por favor, especifique): .....

.....

.....

.....

.....

f. Descripción del recurso didáctico construido: .....

.....

.....

.....

.....

.....

g. Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas): .....

.....

.....

.....

.....

.....



4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable <sup>4</sup>	Otro <sup>5</sup>
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

<sup>4</sup>NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

<sup>5</sup>Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				





Capacidad de aplicar y transferir	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
s. Interrelacionar los datos, técnicas y procedimientos en el diseño de la solución.				
t. Utilizar técnicas de representación adecuadas al equipo que se construye o en el ya construido que se utiliza.				
u. Integrar los conocimientos científicos y tecnológicos en los momentos pertinentes para el diseño de la solución.				
v. Relacionar, ensamblar componentes en la secuencia adecuada.				
w. Utilizar de manera correcta la simbología y los lenguajes propios de la tecnología (representación gráfica, simbólica, etc.).				
x. Transferir conocimientos científicos y tecnológicos en otras actividades similares.				
y. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				

Otro (Por favor, exprese aquí los comentarios que tenga, identificando el ítem con la letra que corresponda):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



## 5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):



5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (encuadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV <sup>6</sup>	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<sup>6</sup> Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

## 5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....



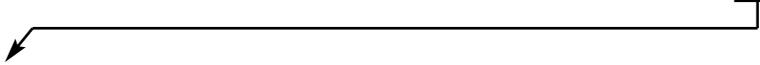




6.3. Didácticas (Por favor, complete tanto si construyó el equipo como si utilizó uno ya construido)



	Sí	No
a. Congruencia. Tiene relación con los testimonios de realidad incluidos en el módulo de capacitación.		
b. Pertinencia. Los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional.		
c. Integración. Posibilita el tratamiento asociado de los conocimientos científicos y tecnológicos propuestos en el material.		
d. Escalabilidad. Es posible utilizarlo con proyectos o problemas con diferentes niveles de complejidad.		
e. Complejidad creciente. Las soluciones alcanzadas para una parte del problema, sirven de base para las siguientes o permite que, agregando componentes, sea utilizado como solución a problemas más complejos.		
f. Adaptabilidad. Permite su adaptación a soluciones diversas en torno a las problemáticas planteadas.		



Si su respuesta es negativa en alguna de ellas, indique por qué, identificándola con la letra correspondiente:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## 7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB <sup>7</sup>	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....

<sup>7</sup> Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo



## 8. Propuestas o nuevas ideas:

Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

a. <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	b. <input type="checkbox"/> directivo
c. <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura: .....	d. <input type="checkbox"/> lector del material
e. <input type="checkbox"/> otro (especifique): ..... .....	

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Planificación de las experiencias didácticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Trabajo con resolución de problemas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for the user to write their responses to the prompt above.



Títulos en preparación de la serie “**Desarrollo de contenidos**”.

- Colección: **Tecnología química en industrias de procesos**
  - El aire como materia prima
  - El azufre como materia prima
  - Los minerales como materia prima –bauxita y minerales de hierro
  
- Colección: **Construcciones**
  - Construcción de edificios. Cómo enseñarla a través de la resolución de problemas
  - Construcciones en hormigón armado: tecnología, diseño estructural y dimensionamiento
  
- Colección: **Telecomunicaciones**
  - Técnicas de transmisión banda base aplicadas a redes LAN y WAN
  - Cálculo de enlaces alámbricos
  
- Colección: **Materiales**
  - Fundamentos y ensayos en materiales metálicos
  
- Colección: **Tecnología en herramientas**
  - Historial de las herramientas de corte
  - Diseño y fabricación de herramientas de corte
  
- Colección: **Electricidad, electrónica y sistemas de control**
  - Instalaciones eléctricas
  - Familia TTL (Lógica transistor-transistor)
  - Familia lógica CMOS



MINISTERIO *de*  
**EDUCACIÓN**  
CIENCIA y TECNOLOGÍA  
PRESIDENCIA *de la* NACIÓN



Argentina

**ineti**  
*Instituto Nacional de  
Educación Tecnológica*