

# Presentación del curso

1815 Fundición

Dr. Luis Enrique Jardón Pérez

Departamento de Metalurgia

Facultad de Química, UNAM



# Índice

- ¿Qué es la fundición?
  - Definición
  - Beneficios de la fundición
  - Situación de la fundición en México
- Programa de estudio
  - Generalidades
  - Objetivos
  - Unidades temáticas
  - Bibliografía
- Perfil de egreso IQM
- ¿Qué es la ingeniería química metalúrgica?
  - Campo laboral
  - Áreas de especialización

# ¿Qué es la fundición?

Definición

Beneficios de la fundición

Situación de la fundición en México

# Fundición

Proceso de manufactura de piezas (metálicas principalmente), mediante el vaciado de un material líquido en una cavidad con la forma final de la pieza, dicha cavidad se denomina molde.

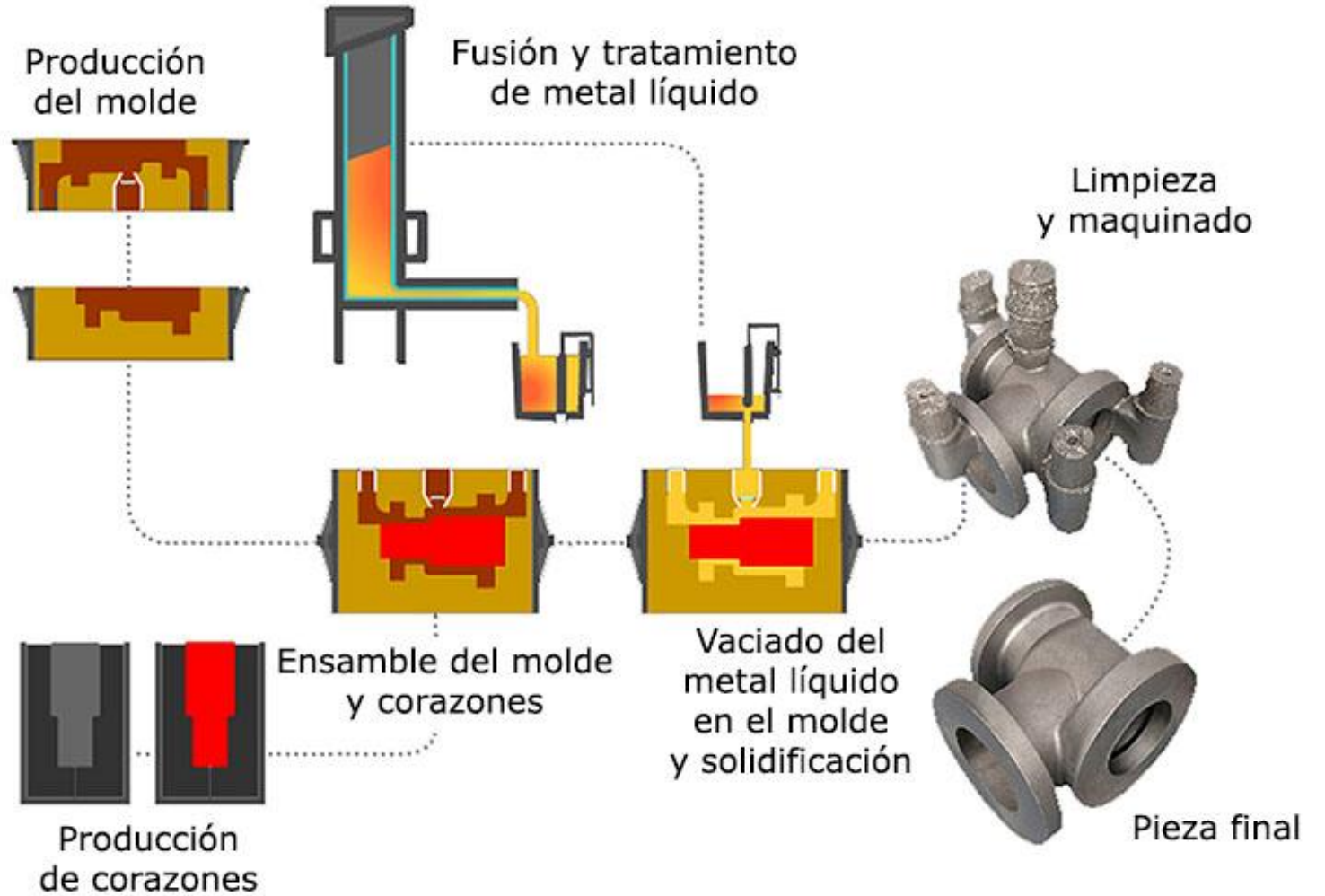
La pieza obtenida mediante este proceso estará prácticamente lista para su uso, es decir, generalmente es un proceso de manufactura de productos terminados.

Comportamiento

Procesamiento

Estructura

Propiedades



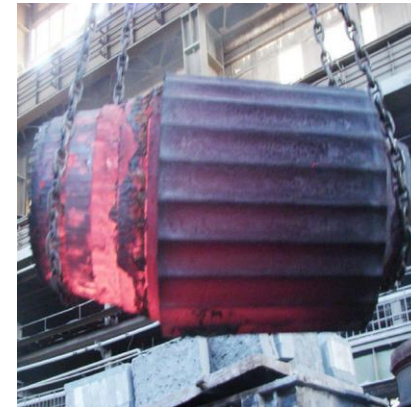


# Beneficios de la fundición

## ➤ Versatilidad en el diseño

- Dimensiones

Hay pocas limitaciones con respecto a las dimensiones de las piezas obtenidas por fundición, dependiendo claro esta del equipo que se posea para el proceso.

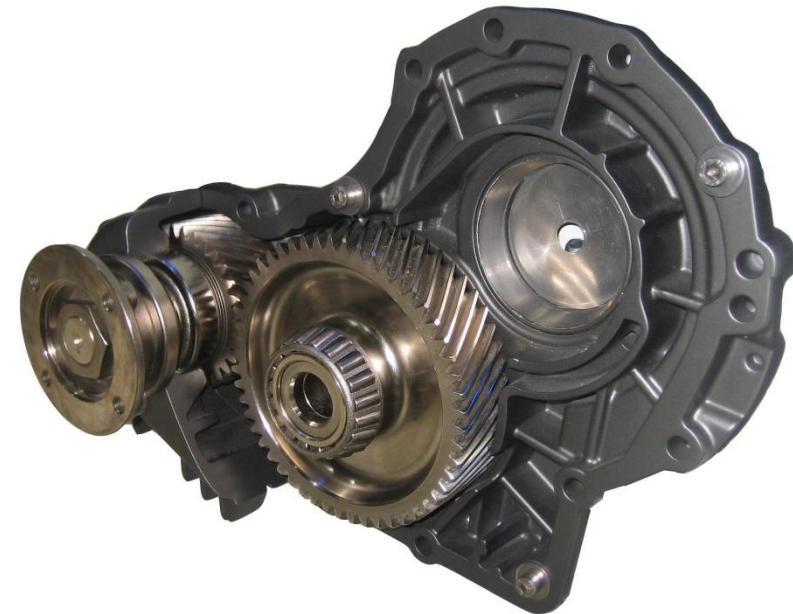
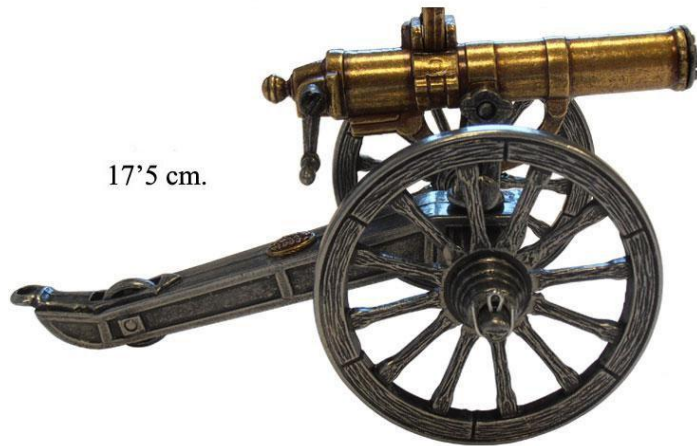


# Beneficios de la fundición

## ➤ Versatilidad en el diseño

- Forma

Algunos procesos de fundición permite obtener piezas muy intrincadas y con detalles finos, que son complejas de obtener por otros métodos.



# Beneficios de la fundición

## ➤ Versatilidad en el diseño

- Composición de la pieza

Anteriormente había materiales que era imposible o muy difícil tratar por fundición (sobre todo metales excesivamente reactivos o con muy elevados puntos de fusión), pero actualmente se pueden obtener piezas por fundición de prácticamente cualquier material metálico.

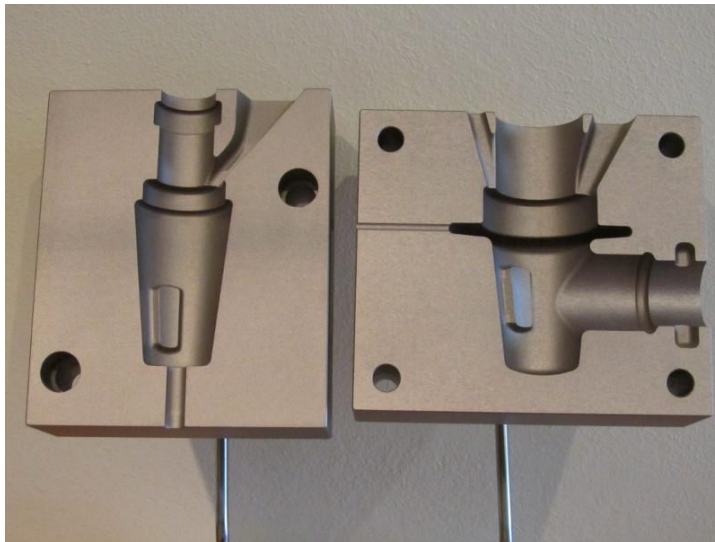




# Beneficios de la fundición

## ➤ Costo de producción

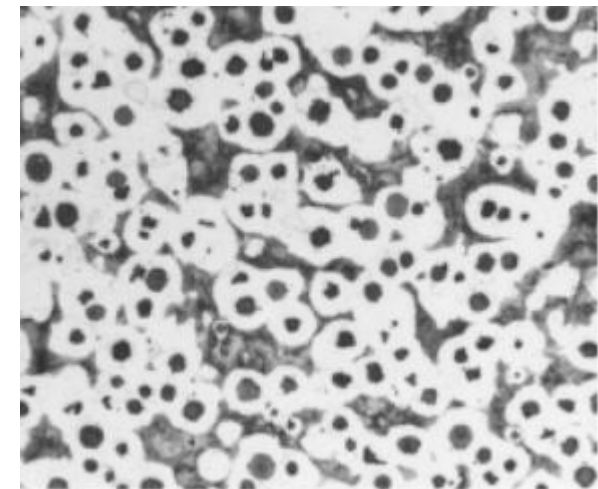
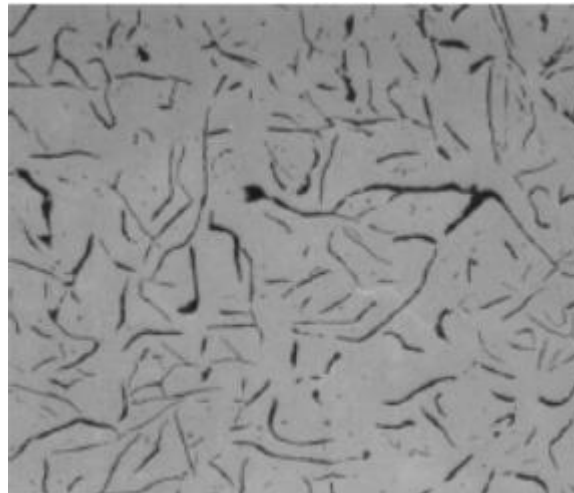
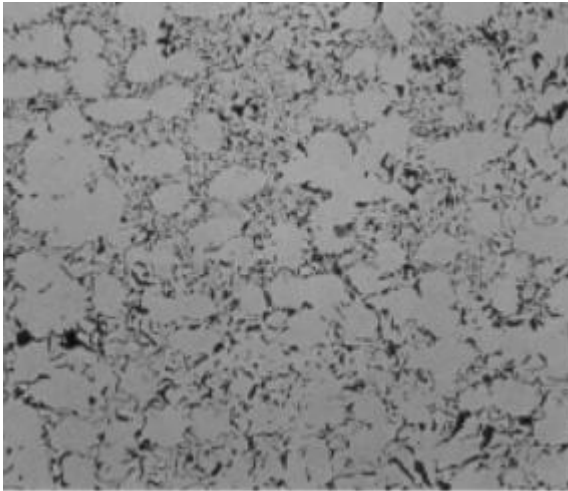
El proceso de fundición de una determinada pieza generalmente es valido tanto para producciones pequeñas y grandes, claro esta que adaptar a producciones elevadas tiene un costo mayor, pero se amortiza con el volumen producido.



# Beneficios de la fundición

## ➤ Propiedades de la pieza

Las propiedades de una pieza fabricada por fundición se pueden controlar directamente durante el proceso, mediante la solidificación y tratamientos de metal líquido, obteniéndose así una microestructura con las propiedades adecuadas sin necesidad de tratamientos térmicos posteriores.





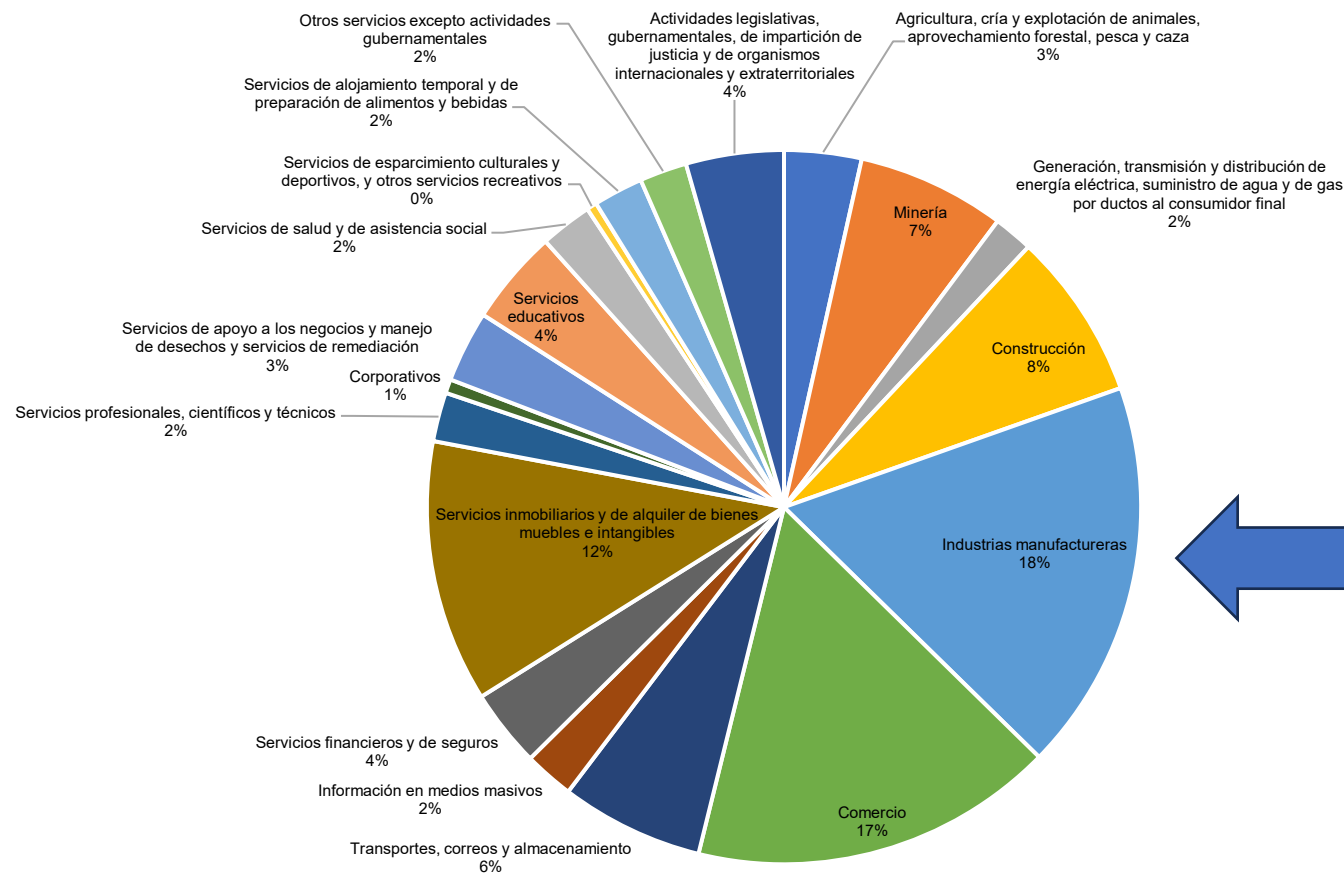
# Beneficios de la fundición

## ➤ Flexibilidad del proceso

La fundición tiene presencia en una gran variedad de entornos desde plantas “caseras” con producciones pequeñas, hasta grandes industrias o consorcios con grandes producciones y tecnología de punta.



# Situación de la fundición en México

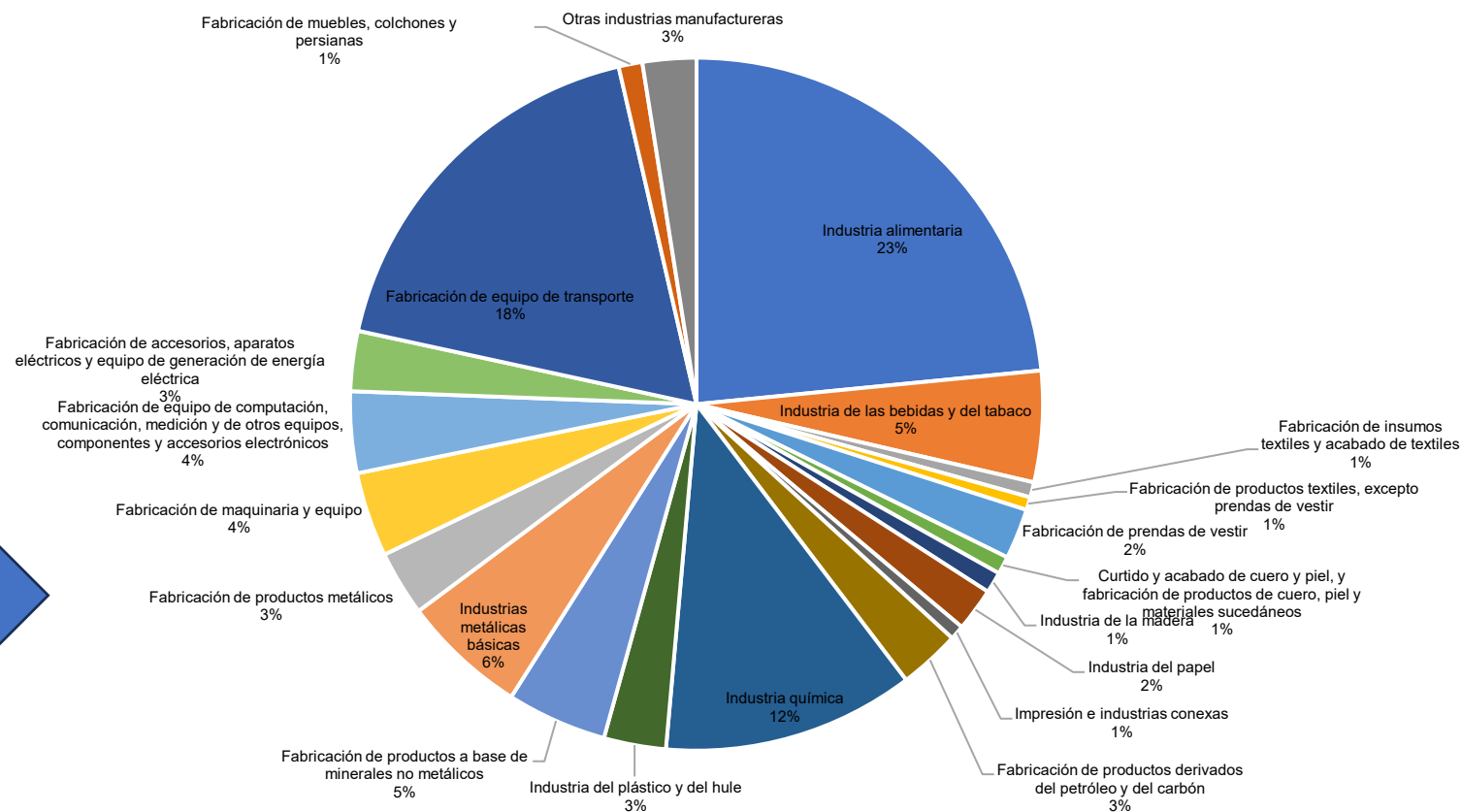


PIB por sector (año 2014)



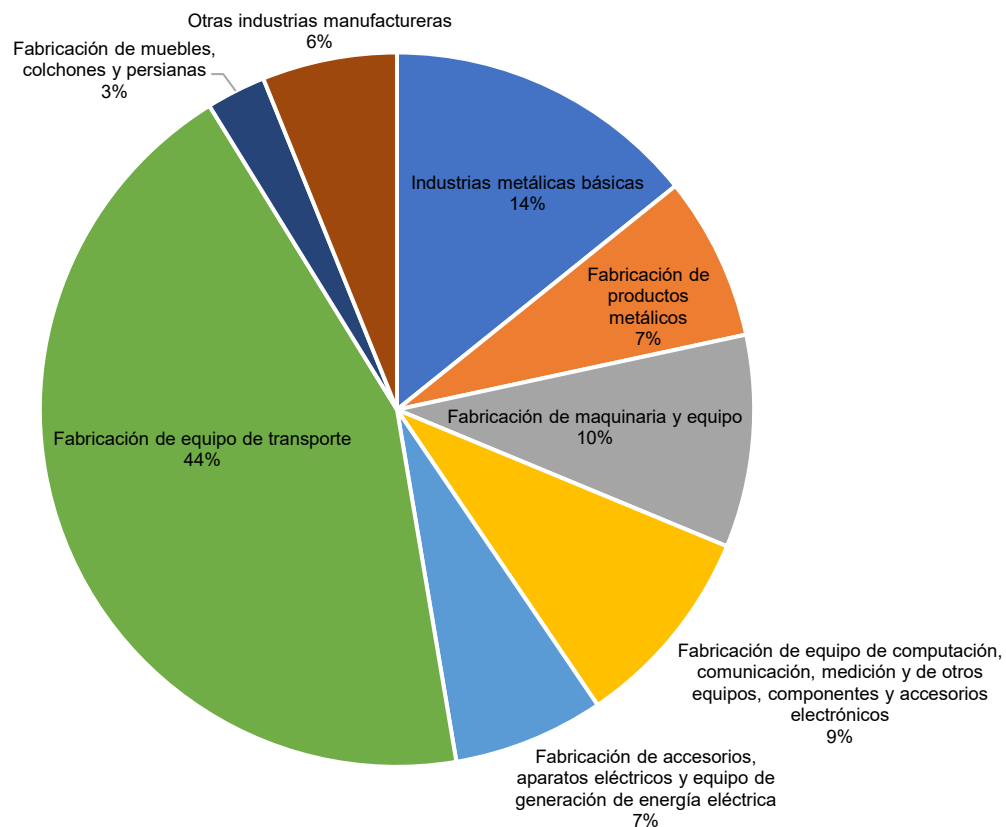
# Situación de la fundición en México

PIB de la industria manufacturera por subsector (año 2014)



# Situación de la fundición en México

PIB de la industria manufacturera metalmecánica por subsector (año 2014)



# Situación de la fundición en México

- En el año 2014 el 17.75% del PIB correspondía a la industria manufacturera, del cual 41.02% son industrias relacionadas con el área metalmecánica, lo que corresponde a un aproximado de 1,177,997 millones de pesos correspondiente al 7.28% del PIB total.
- Las empresas del sector metalmecánico mexicano se enfocan en la fabricación, reparación, ensamble y transformación de metales, así como la inyección de forja, servicio de galvanizado, trabajo de lámina, estampado, ensamblado, mecanizado, troquelado y fundición.

# Situación de la fundición en México

- En 2012, de acuerdo a datos de Red de Empresarios Visa, México se encontraba entre los diez países con mayor número de fundidoras funcionando dentro de su territorio, ocupando la sexta posición, mientras que logró colocarse en el onceavo peldaño en materia de fabricación de metales.
- Cerca de 1,500 compañías se desarrollan dentro de este sector, de las cuales alrededor del 90% son pequeñas y medianas empresas, un gran esfuerzo que genera ganancias anuales de más de 50,000 millones de pesos.



# Situación de la fundición en México

- Entre los metales que más se trabajan dentro de estas empresas está el cobre, el aluminio, el hierro y el acero entre otros, en conjunto, anualmente se producen alrededor de 1,500 millones de toneladas de estos materiales, de los cuales se utiliza un 70% dentro del país y un 30% fuera del territorio nacional.
- De esta producción, el 78% se destina a la industria automotriz, el 8.3% a la maquinaria agrícola, el 3.9% a la industria en general y el restante se emplea en maquinaria, conexiones y válvulas.

# Situación de la fundición en México

- Desgraciadamente, en años más recientes y como consecuencia del poco crecimiento de la economía mexicana, del aumento de precios de los insumos necesarios para la producción (cerca de un 20 %) y de la competencia desleal con países asiáticos, el sector de la fundición ha registrado un crecimiento de apenas 0.3 % y el cierre de plantas en el país; un ejemplo es el estado de Jalisco, en donde veinte micro y pequeñas fundidoras han cerrado debido a la disminución en el consumo nacional.

# Situación de la fundición en México

Ejemplos de áreas de crecimiento de la industria fundidora:

- Industria automotriz
- Industria aeronáutica

# Situación de la fundición en México

## Industria Automotriz

- Según la Secretaría de Economía (SE), en el año 2013 la industria automotriz fabricó 2,933,455 unidades, lo que representa un crecimiento del 1.7 % con respecto al 2012.
- Con la entrada de nuevas armadoras de vehículos se estima que para el 2015 la producción crecerá 41.7 % en comparación con el año 2010. En el año 2020 es posible que México se posicione en el cuarto lugar a nivel mundial como productor de vehículos automotrices. Uno de los objetivos es contar con 16 plantas productoras de vehículos que produzcan 4 millones de automóviles anualmente.



# Situación de la fundición en México

## Industria Automotriz

- Nissan concluyó a finales de 2013 la primera fase de su tercera planta armadora en el estado de Aguascalientes, la inversión fue de 2000 millones de dólares.
- Audi invertirá 1300 millones de dólares para fabricar camionetas deportivas en México a partir del 2016, en la primera planta en el país que producirá autos de lujo.
- Mazda comenzó a producir a mediados de 2013 autos subcompactos, mientras que Honda Motor hizo lo mismo a partir del 2014.

# Situación de la fundición en México

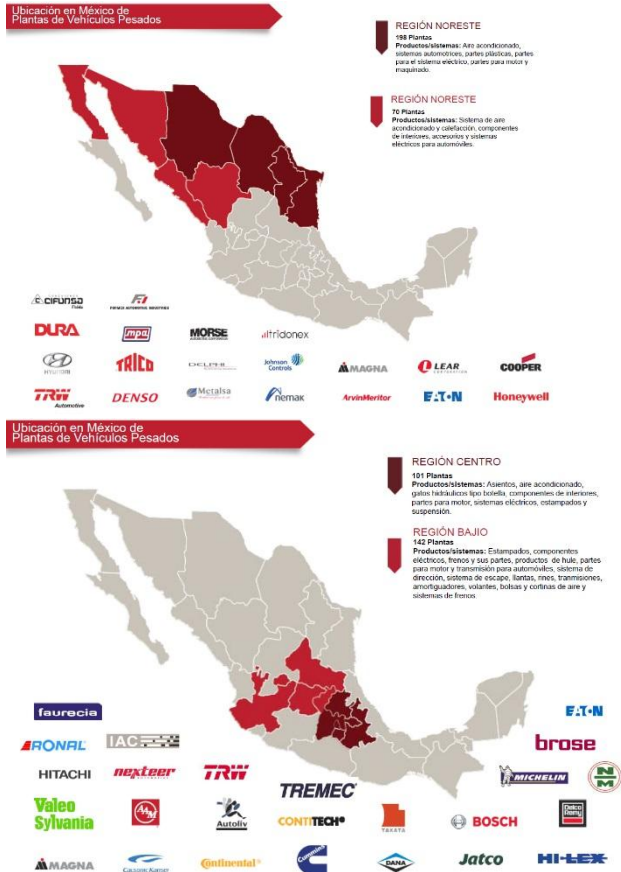
## Industria Automotriz

- Hyundai Motor Company construirá una planta de autopartes en Tijuana, principalmente transmisiones automáticas.
- BMW dio a conocer oficialmente la construcción de su nueva planta ubicada en San Luis Potosí.

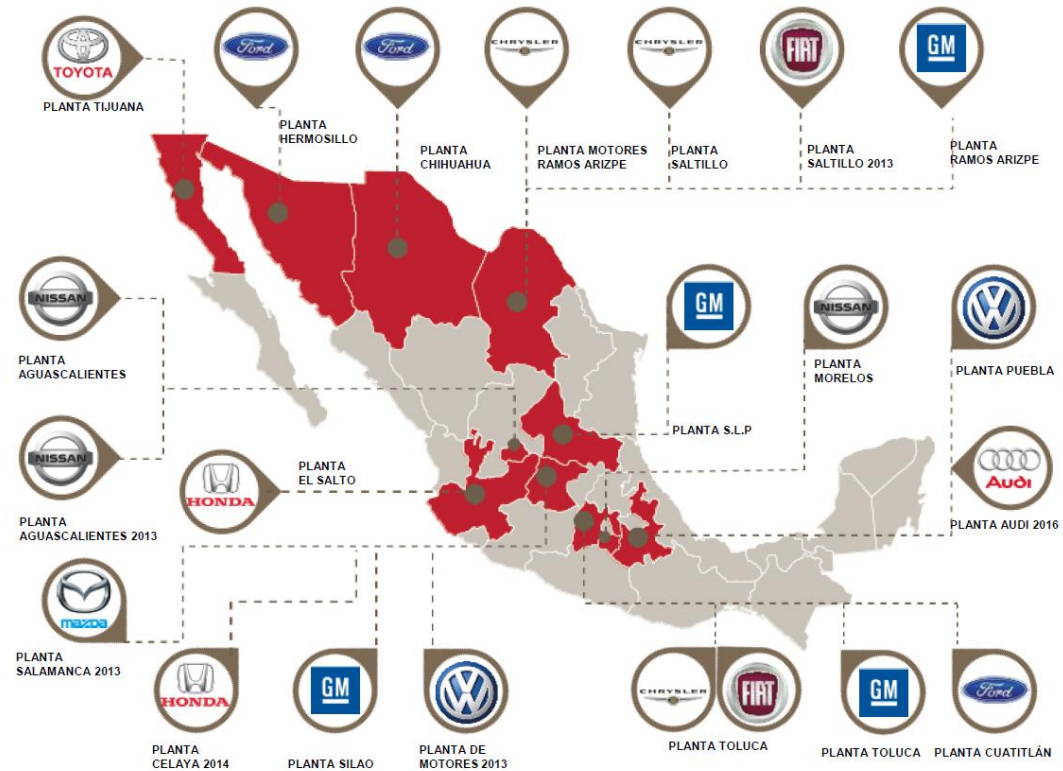
# Situación de la fundición en México

## Industria Automotriz

Ubicación en México de Plantas de Vehículos Pesados



Ubicación en México de Plantas de Vehículos Ligeros



# Situación de la fundición en México

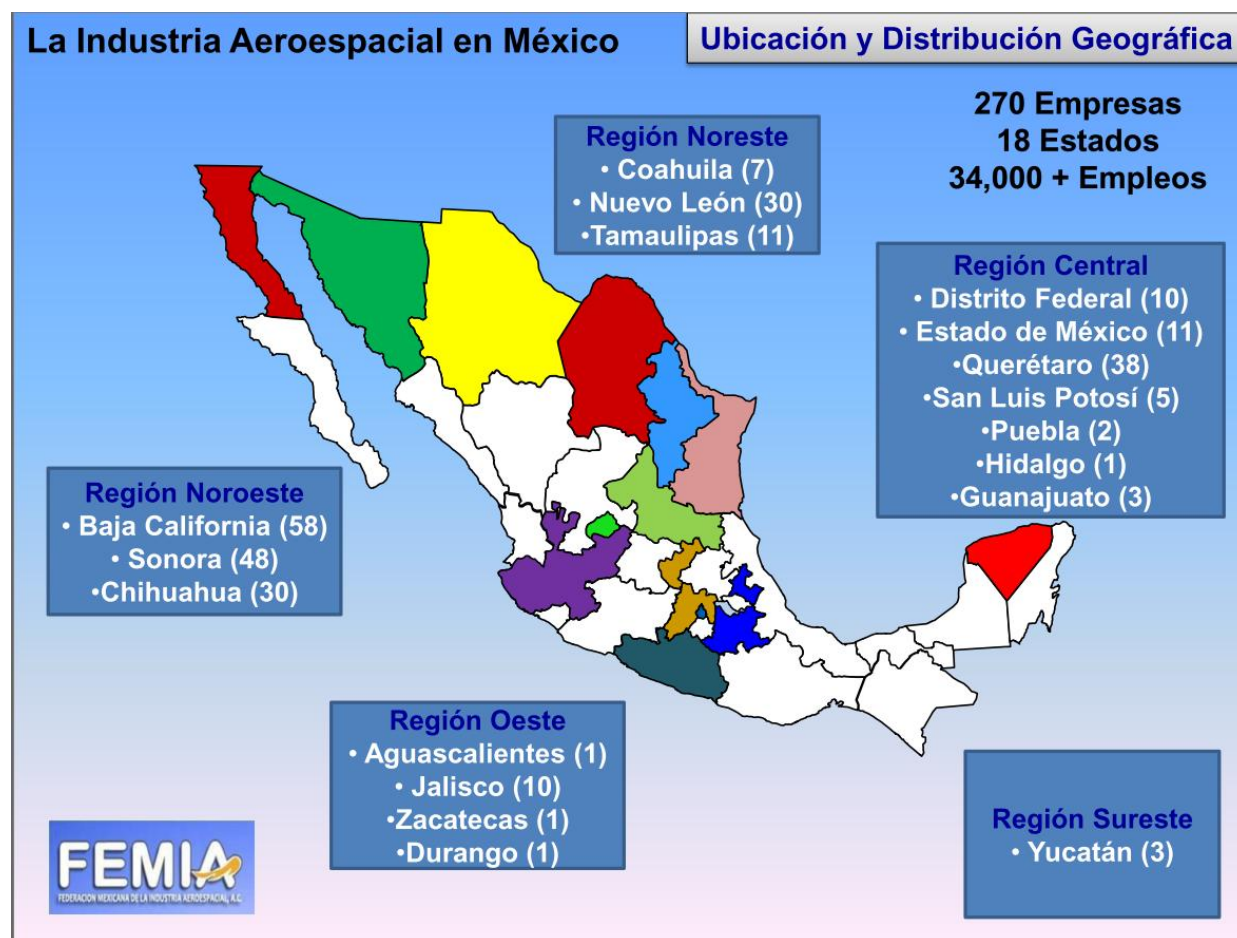
## Industria Aeroespacial

- Este sector está prosperando sorprendentemente y tiene presencia en 18 estados de la república, de los cuales Baja California, Chihuahua, Querétaro, Nuevo León y Sonora, son los más importantes. Actualmente, el sector ocupa el lugar número 14 a nivel mundial en términos de producción, pero para el año 2020 se planea que México se posicione dentro de los 10 países más importantes a nivel mundial.
- De acuerdo con la Federación Mexicana de la Industria Aeroespacial (Femia) entre las empresas del sector que han apostado por invertir en México se encuentran General Electric, Labinal, Bombardier, Hawker Beechcraft y Safran.



# Situación de la fundición en México

## Industria Aeroespacial



# Programa de estudio

Generalidades

Objetivos

Unidades temáticas

Bibliografía

# Generalidades

- Octavo Semestre
- **Asignatura:** Fundición
- **Ciclo:** Terminal y de pre – especialización
- **Área:** Ingeniería metalúrgica
- **Departamento:** Ingeniería metalúrgica
- **Carácter:** Obligatoria
- **Clave:** 1815
- **Horas/Semana:**
  - Teoría: 3h (2 créditos/hora)
  - Práctica: 4h (1 crédito/hora)
- **Créditos:** 10

# Generalidades

- **Tipo de asignatura:** Teórico – Práctica
- **Modalidad de asignatura:** Curso
- **Asignatura precedente:** Seriación obligatoria con solidificación
- **Asignatura subsecuente:** Ninguna





# Objetivos

El alumno será capaz de:

- Aplicar la relación “**estructura-propiedades-comportamiento-procesamiento**” tomando a la **Fundición** como un método de procesamiento.
- Seleccionar **unidades de fusión** conforme al tipo **aleación** y la **calidad metalúrgica** requerida.
- Elegir y calcular el tipo y cantidad de **materias primas** a cargar en un horno y su secuencia de fusión para **producir** una **aleación líquida** con una composición química requerida, evaluando los requerimientos energéticos y demás parámetros involucrados en la fusión de metales.

# Objetivos

El alumno será capaz de:

- Diseñar y calcular **sistemas de colada y alimentadores** para obtener piezas por Fundición aplicando los conocimientos previos de solidificación, transporte de energía y flujo de fluidos.
- Proponer procesos de **Fundición para la producción de piezas metálicas**, de acuerdo a las características metalúrgicas, velocidad de producción y costo de la pieza a producir.
- Criticar y valorar los aspectos de **economía, protección ambiental, higiene y seguridad** propios de una planta de Fundición.

# Unidades temáticas

## 1. Fusión.

- 1.1 Unidades de fusión. Parámetros metalúrgicos, usos.
- 1.2 Reacciones metal-atmósfera, metal-escoria, metal-crisol.
- 1.3 Materias primas. Selección preparación y acondicionamiento.
- 1.4 Cálculo de cargas. Parámetros de cálculo, metodología.
- 1.5 Fundiciones férreas. Diagramas de fases Fe-C al equilibrio y metaestable.  
Clasificación y composición química.
- 1.6 Tratamientos del metal líquido. Efecto sobre la microestructura y las propiedades.
- 1.7 Fundiciones no férreas. Aleaciones base cobre, aleaciones base aluminio.  
Clasificación y composición química.
- 1.8 Tratamientos del metal líquido. Efecto sobre la microestructura y las propiedades de las aleaciones no férreas.

# Unidades temáticas

## 1. Fusión.

- 1.9 Fundentes. Características físicas y químicas. Funciones.
- 1.10 Técnicas de fusión.
- 1.11 Defectos debidos al proceso de fusión.
- 1.12 Aspectos ambientales, de higiene y seguridad.

Número de horas por unidad

18T – 20P

38 horas



# Unidades temáticas

## 2. Moldes

- 2.1 Moldes unitarios. Arenas, aglutinantes y activantes. Aditivos auxiliares. Mezclas y propiedades mecánicas de éstas.
- 2.2 Moldes permanentes. Materiales y parámetros de diseño.
- 2.3 Defectos en piezas de fundición, debidos a las arenas de moldeo y diseño de moldes.
- 2.4 Aspectos ambientales, de higiene y seguridad.

Número de horas por unidad

6T – 18P

24 horas

# Unidades temáticas

## 3. Alimentadores

- 3.1 Principios de solidificación y transferencia de calor en piezas coladas.
- 3.2 Relación entre rango de solidificación y tipo de contracción líquido/sólido (rechupe).
- 3.3 Características de los alimentadores, componentes de los alimentadores, tipos de alimentadores.
- 3.4 Modelo de solidificación de Chvorinov. Módulo de solidificación. Rutas de solidificación, convergente y divergente. Módulo significativo.
- 3.5 Métodos de cálculo de alimentadores.
- 3.6 Defectos debido al diseño, cálculo y posicionamiento de los alimentadores.

Número de horas por unidad

9T – 12P

21 horas

# Unidades temáticas

## 4. Sistemas de colada

- 4.1 Principios d flujo de fluidos en el diseño de piezas coladas.
- 4.2 Características del sistema de colada. Componentes del sistema de colada.
- 4.3 Tipos de sistemas de colada. Relación de colada.
- 4.4 Cálculo de velocidades, presión y reparto de flujo.
- 4.5 Métodos de cálculo.
- 4.6 Defectos debidos al diseño y cálculo de los sistemas de colada.

Número de horas por unidad

9T – 10P

19 horas

# Unidades temáticas

## 5. Modelos para fundición

- 5.1 Tipos de modelos. Materiales de los modelos.
- 5.2 Parámetros de diseño y cálculo. Ángulo de salida, contracción sólido/sólido, maquinado y pintura.
- 5.3 Defectos debidos al diseño y cálculo de modelos.

Número de horas por unidad

3T – 4P

7 horas



# Unidades temáticas

## 6. Procesos especiales de fundición

- 6.1 Fundición a presión.
- 6.2 Colada por gravedad (molde permanente).
- 6.3 Colada centrífuga.
- 6.4 Cera perdida.
- 6.5 Modelo evaporable.
- 6.6 Características metalúrgicas. Efecto sobre la microestructura y las propiedades mecánicas.

Número de horas por unidad

3T – 0P

3 horas

**Número de horas totales**

**48T – 64P**

**112 horas**

# Bibliografía básica

- Beeley, P. R., Foundry Technology, Oxford, Butterworth-Heneimann, 2001.
- Campbell, J., Castings, Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd., 2003
- Heine, R. W. and Loper, C. R., Principles of metal casting, New York, Mc Graw Hill, 1983.
- Taylor, H., Flemmings, M. C. and Wulff, J., Foundry Engineering, USA, John Wiley and Sons Inc., 1969.
- Sylvia, J. Gerin, Cast Metals Technology, USA, Addison-Wesley Publishing Company, 1974.

# Bibliografía complementaria

- Campbell, J., Castings practice : the 10 rules of castings, Boston : Elsevier/Butterworth-Heinemann, 2004
- Flemmings, M. C., Solidification processing, New York, Mc Graw-Hill, 1993.
- American society for metals, Metals Handbook, USA, 1989
- Chalmers, B., Principles of solidification, USA, Edit Robert E. Krueger, 1982.
- American Foundrymen's Society, The cupola and its operation, USA

# Perfil de egreso

Ingeniería Química Metalúrgica



# Perfil de egreso ingeniería química metalúrgica

El egresado de la carrera de Ingeniería Química Metalúrgica estará capacitado para ejercer funciones tales como:

- 1) La extracción de metales
- 2) La fabricación de aleaciones
- 3) La manufactura, protección y prevención de fallas de componentes metálicos
- 4) La manufactura de piezas de cerámicos, de polímeros y materiales compuestos

Para ello analizará, evaluará, controlará, modificará y diseñará componentes metálicos y sus procesos de producción, al tiempo que aplicará la relación **estructura –propiedades – comportamiento - procesamiento** y las bases científicas de química, física, fisicoquímica, matemáticas y fenómenos de transporte, así como las herramientas ingenieriles e incorporará los avances tecnológicos.

# Perfil de egreso ingeniería química metalúrgica

De tal manera, el egresado de la carrera de Ingeniería Química Metalúrgica contará con una sólida formación, de conocimientos y habilidades que le permitan en forma particular:

- Diseñar, evaluar y seleccionar aleaciones metálicas para un uso específico
- Realizar el análisis, la evaluación y mejoramiento de los procesos metalúrgicos
- Diseñar y poner en operación plantas metalúrgicas en colaboración con ingenieros de otras especialidades
- Elaborar modelos matemáticos que le permitan simular y optimizar cada una de las etapas de transformación de los materiales metálicos, desde el procesamiento de un mineral, hasta la obtención de una pieza terminada
- Seleccionar los procesos adecuados para modificar y mejorar las propiedades de los metales en función del uso de la pieza u objeto procesado
- Desarrollar la sensibilidad que le permita visualizar las consideraciones económicas y sociales y la necesidad de las prácticas actuales y tendencias futuras.

# Perfil de egreso ingeniería química metalúrgica



Con base en la formación recibida, el egresado posee los siguientes conocimientos y habilidades:

## Conocimientos

- Aplicar la relación **estructura - propiedades - comportamiento - procesamiento** a la resolución de problemas ingenieriles.
- Usar las bases científicas de química, física, matemáticas, fisicoquímica y fenómenos de transporte, así como las herramientas ingenieriles para el análisis, control, operación y/o resolución de problemas ingenieriles y optimización de procesos metalúrgicos.
- Emplear el método científico en estudios experimentales enfocados a la resolución de problemas ingenieriles o a establecer la relación causa-efecto entre variables de proceso y respuestas del sistema bajo estudio. Lo anterior con apoyo de las diferentes técnicas experimentales de caracterización.



# Perfil de egreso ingeniería química metalúrgica

Con base en la formación recibida, el egresado posee los siguientes conocimientos y habilidades:

## Habilidades

- Adquirir, analizar, organizar e interpretar información para su aplicación con fines específicos.
- Ser capaz de tomar decisiones apropiadas y de resolver problemas.
- Desarrollar una percepción integral y un razonamiento de lo abstracto.
- Ser capaz de desarrollar actividades que le permitan trabajar en equipo de una manera eficiente y productiva.
- Efectuar observaciones perspicaces y juicios legítimos.

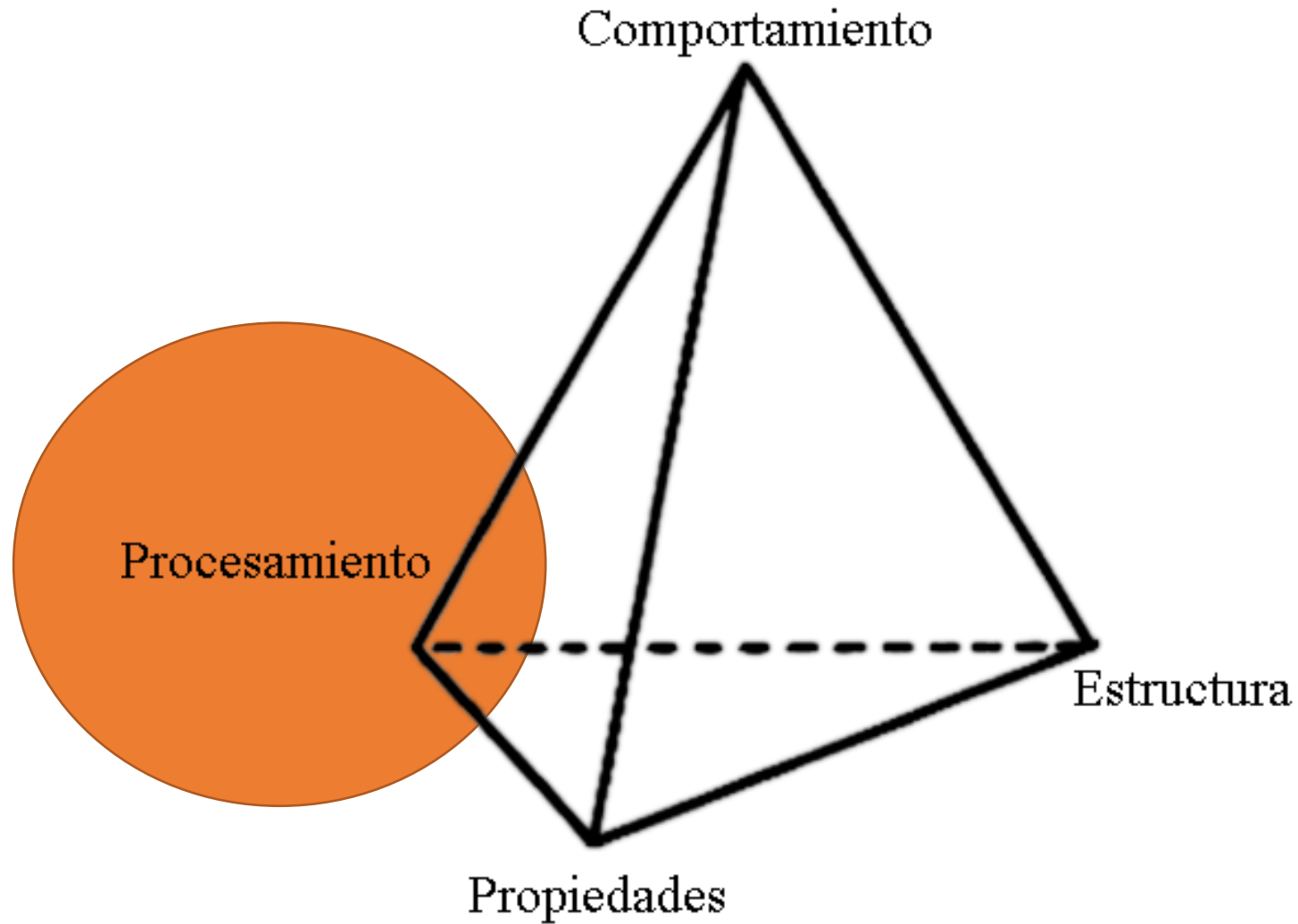
# Perfil de egreso ingeniería química metalúrgica

Además de las características académicas descritas, el egresado de la licenciatura de Ingeniería Química Metalúrgica deberá tener cualidades que lo identifiquen como un profesional universitario, que posea seguridad en sus conocimientos y habilidades, firmeza y coherencia al expresarse en forma oral y escrita, así como tener iniciativa por el desarrollo de los demás a través de la capacitación, asesoramiento y supervisión.

El egresado de la carrera de Ingeniería Química Metalúrgica deberá valorar justamente su función social y desempeñar su actividad profesional con honestidad, ajustándose a los códigos de ética de la comunidad y de la profesión.



# Perfil de egreso ingeniería química metalúrgica



# ¿Qué es la ingeniería química metalúrgica?

Campo laboral

Áreas de especialización

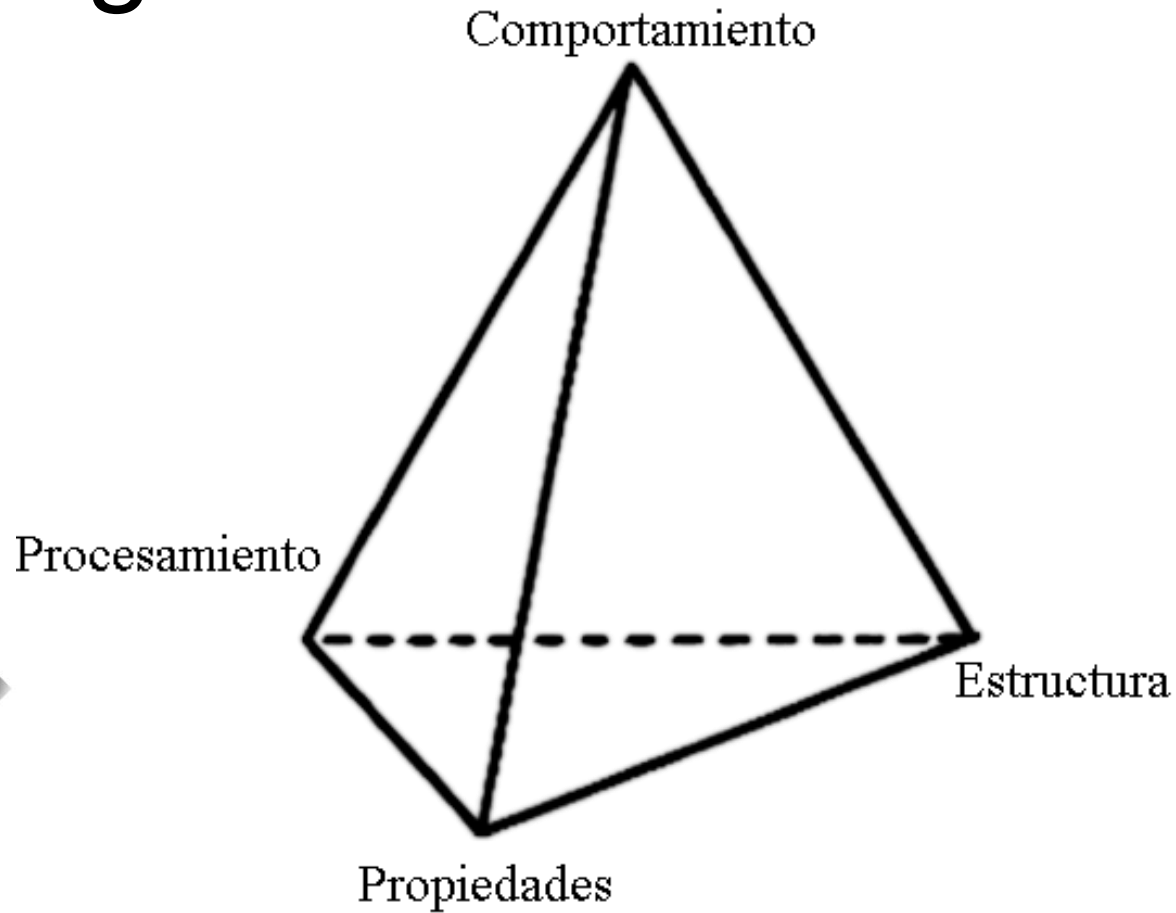
# ¿Qué es la ingeniería química metalúrgica?

Un ingeniero químico metalúrgico puede ejercer funciones tales como:

- La extracción de metales
- La fabricación de aleaciones
- La manufactura, protección y prevención de fallas de componentes metálicos.
- La manufactura de piezas de cerámicos, de polímeros y de materiales compuestos.



# ¿Qué es la ingeniería química metalúrgica?



El ingeniero químico metalúrgico presenta conocimientos sólidos en:

- Química
- Física
- Fisicoquímica
- Matemáticas
- Fenómenos de transporte



# Campo laboral

Diseñar, evaluar y seleccionar aleaciones metálicas para un uso específico.

Realizar el análisis, la evaluación y mejoramiento de los procesos metalúrgicos.

Diseñar y poner en operación plantas metalúrgicas en colaboración con ingenieros de otras especialidades.

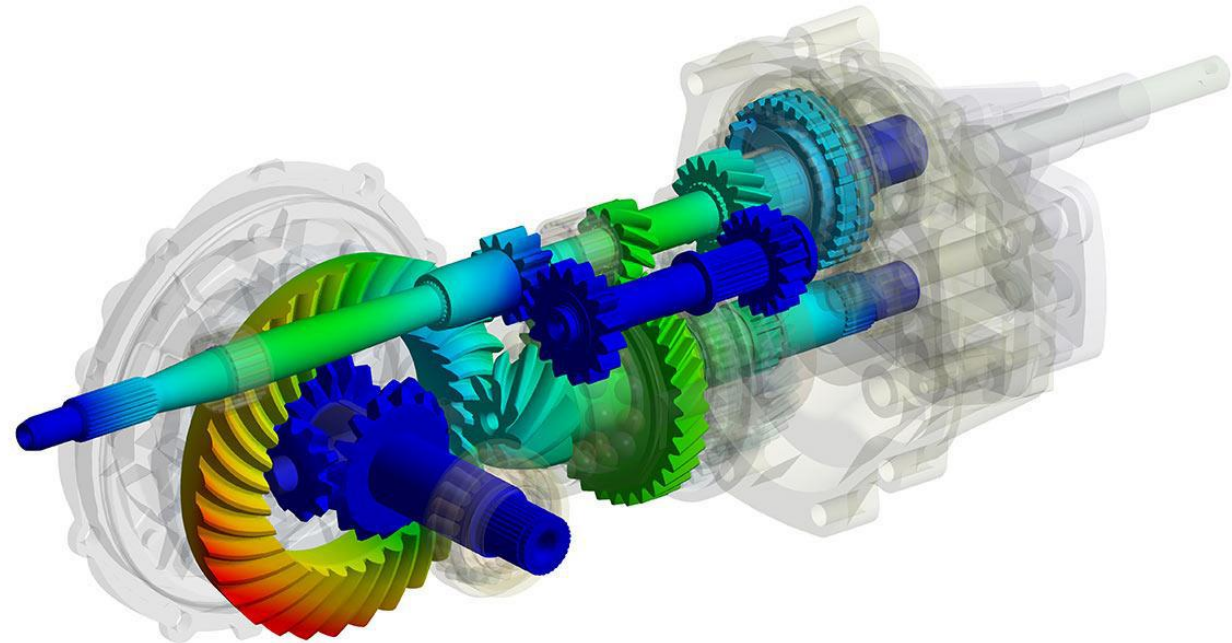




# Campo laboral

Elaborar modelos matemáticos que le permitan simular y optimizar cada una de las etapas de transformación de los materiales metálicos, desde el procesamiento de un mineral, hasta la obtención de una pieza terminada.

Seleccionar los procesos adecuados para modificar y mejorar las propiedades de los metales en función del uso de la pieza y objeto procesado.



# Campo laboral

El campo laboral comprende:

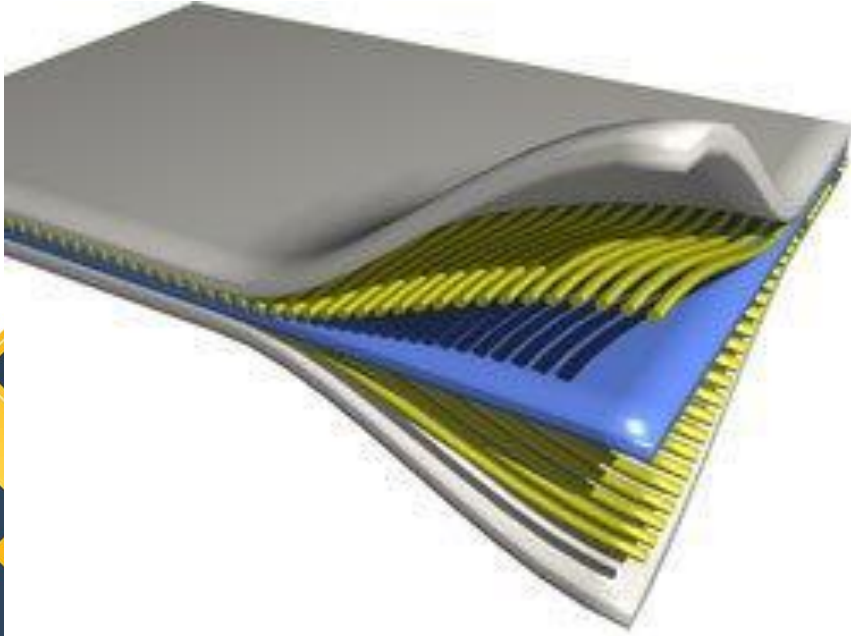
- Producción
- Procesos
- Calidad
- Análisis de fallas
- Ventas
- Desarrollo de software
- Investigación





# Áreas de especialización

## Materiales



## Fundición

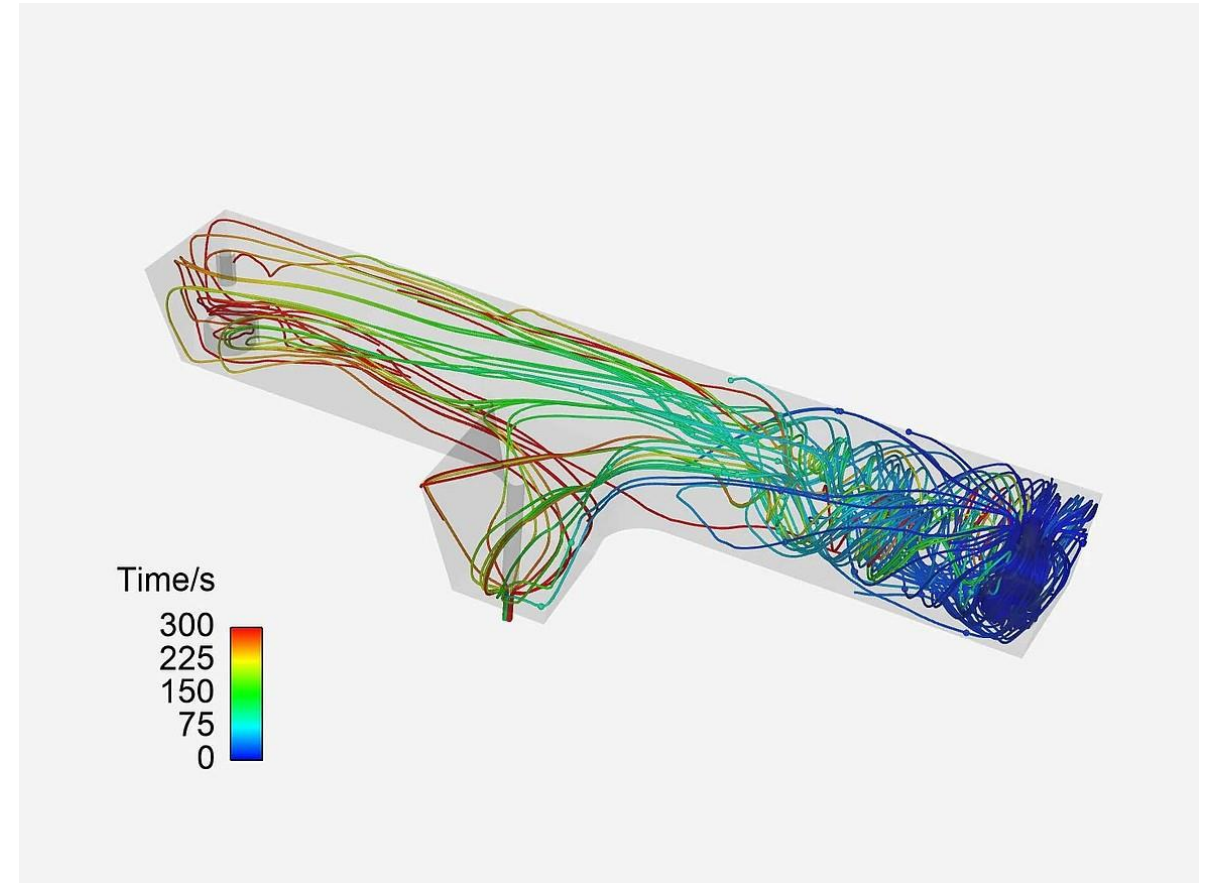


# Áreas de especialización

## Metalurgia extractiva



## Procesos metalúrgicos



# Áreas de especialización

## Materiales

- Cerámicos
- Materiales Compuestos de Matriz Metálica
- Introducción a la Ciencia de Polímeros

## Fundición

- Interpretación Metalográfica
- Metalurgia de Hierros Colados
- Metalurgia de Aleaciones Coladas Base Aluminio
- Metalurgia de Polvos y Soldadura

## Metalurgia Extractiva

- Bolixiviación de Minerales
- Flotación

## Procesos Metalúrgicos

- Análisis Matemático del Trabajo Experimental en la Ingeniería de Procesos Metalúrgicos y de Materiales
- Modelado Físico de procesos Metalúrgicos y de Materiales
- Técnicas Selectas para el Modelado Matemático en la ingeniería de Procesos Metalúrgicos y de Materiales



# Áreas de especialización

## Corrosión y protección



## Siderurgia





# Áreas de especialización

## Conformado mecánico



## Análisis químico





# Áreas de especialización

## Tratamientos térmicos



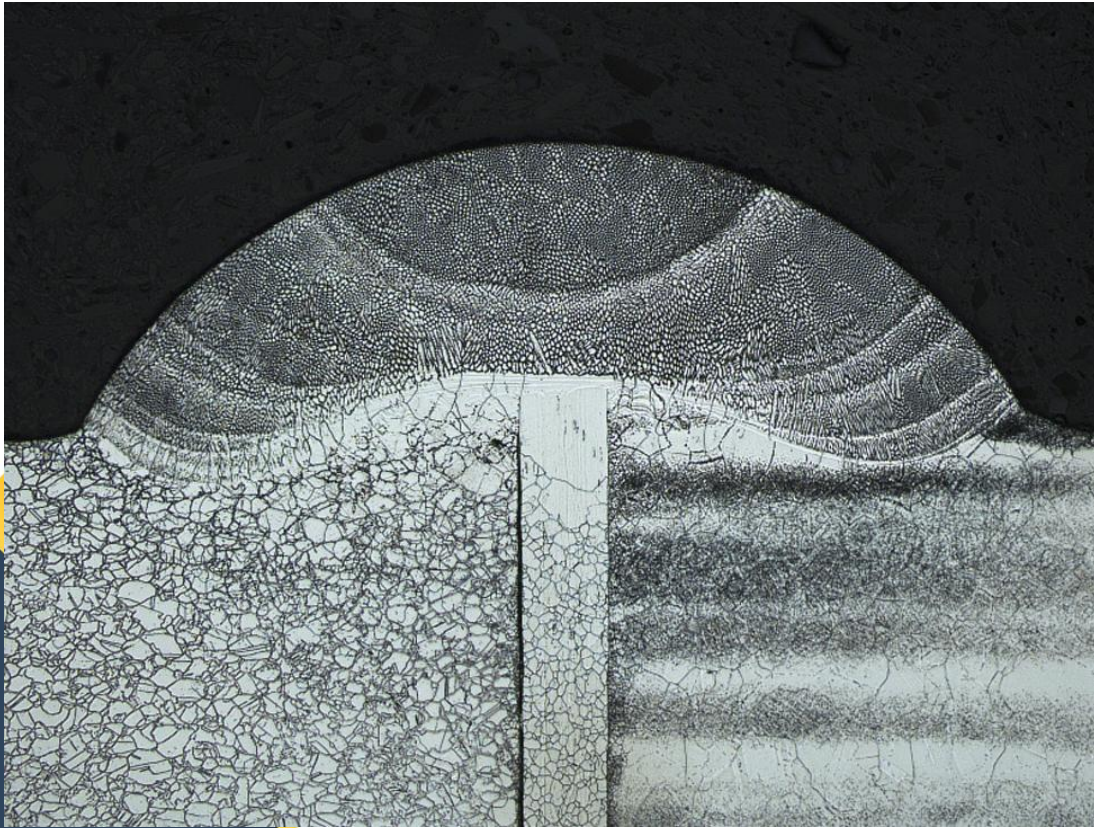
## Electrometalurgia





# Áreas de especialización

## Análisis metalográfico



## Calidad



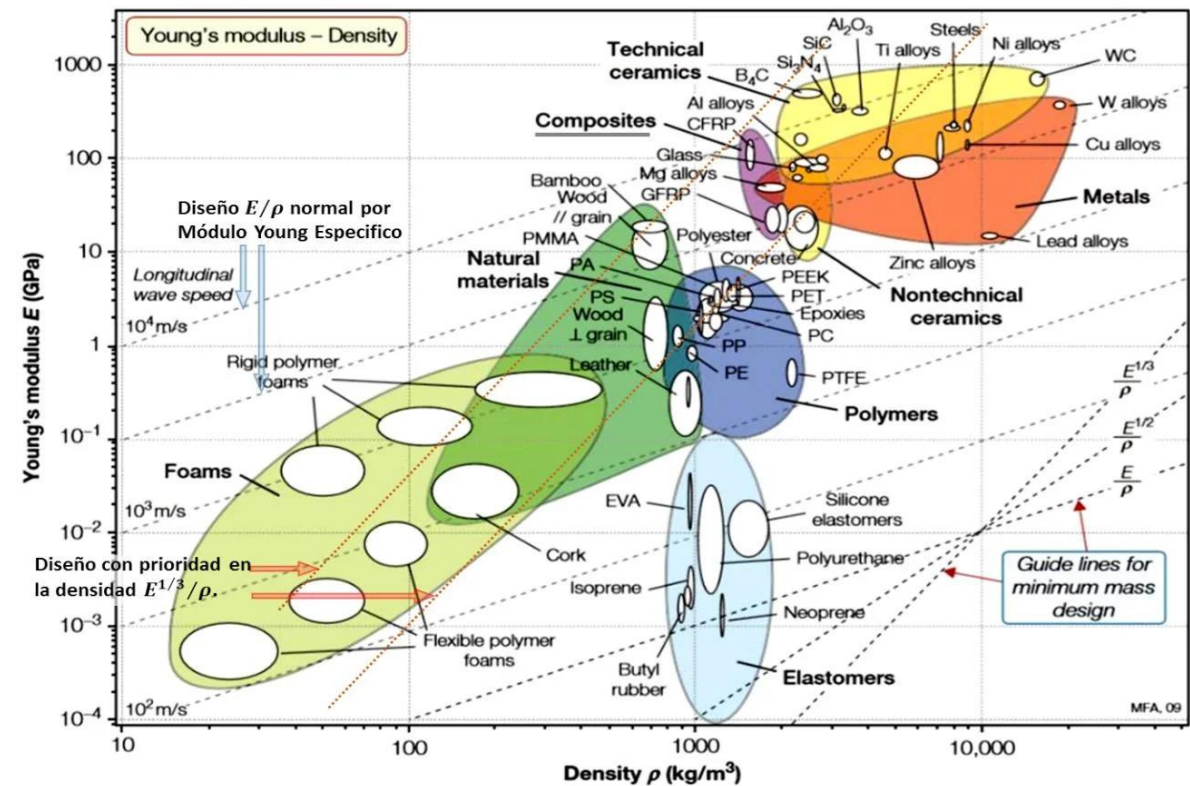


# Áreas de especialización

## Análisis de fallas



## Selección de materiales



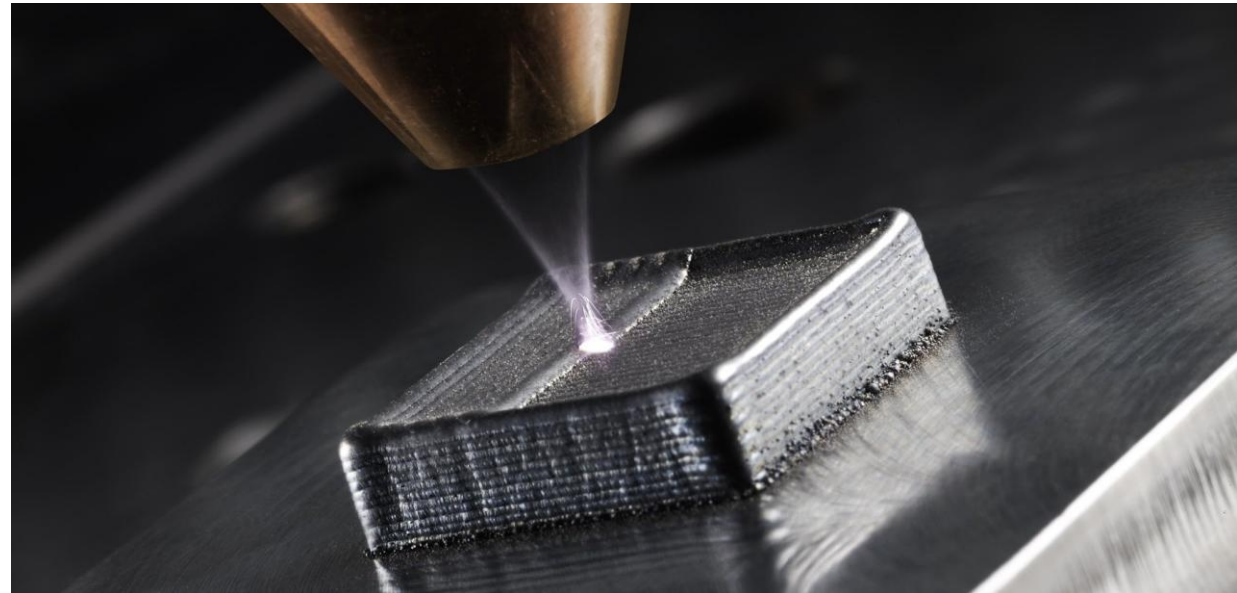


# Áreas de especialización

## Soldadura



## Manufactura aditiva



# Áreas de especialización



## Recubrimientos



## Ventas

