

Diplomado en Tecnología de Aluminio



Diplomado en Tecnología de Aluminio

OBJETIVO: Adquirir conocimientos básicos sobre el aluminio y sus aleaciones, usos y propiedades generales, características metalúrgicas, físicas y químicas que determinan su calidad. Se hará énfasis en conocer las nociones fundamentales sobre las variables involucradas a cada etapa del proceso de fabricación de piezas de moldeo de aluminio y sus aleaciones, así como la influencia de estas variables sobre la calidad final del producto. Se persigue incrementar el conocimiento tecnológico de los trabajadores sobre el material y proceso en el cual se basa la empresa, así como la necesidad de trabajos en equipo para incrementar la productividad del proceso. El personal al finalizar el curso deberá tener conciencia de cómo la eficiencia y eficacia de su trabajo puede influir en la productividad del proceso como un conjunto.



Diplomado en Tecnología de Aluminio

ESTRATEGIA METODOLOGICA: Inicialmente se dictará un curso introductorio sobre conocimientos generales del aluminio, y sus aleaciones, método de fabricación, clasificación e importancia como producto nacional diversificador de nuestra economía. Seguido de cursos secuenciales, en la cual el facilitador proporcione información básica y específica de cada área del cordón productivo interactuando con la experiencia que poseen los trabajadores del área para generar una autoformación colectiva, estableciendo cuales son las variables de control de proceso y como éstas influyen en la calidad y productividad del proceso.



Diplomado en Tecnología de Aluminio

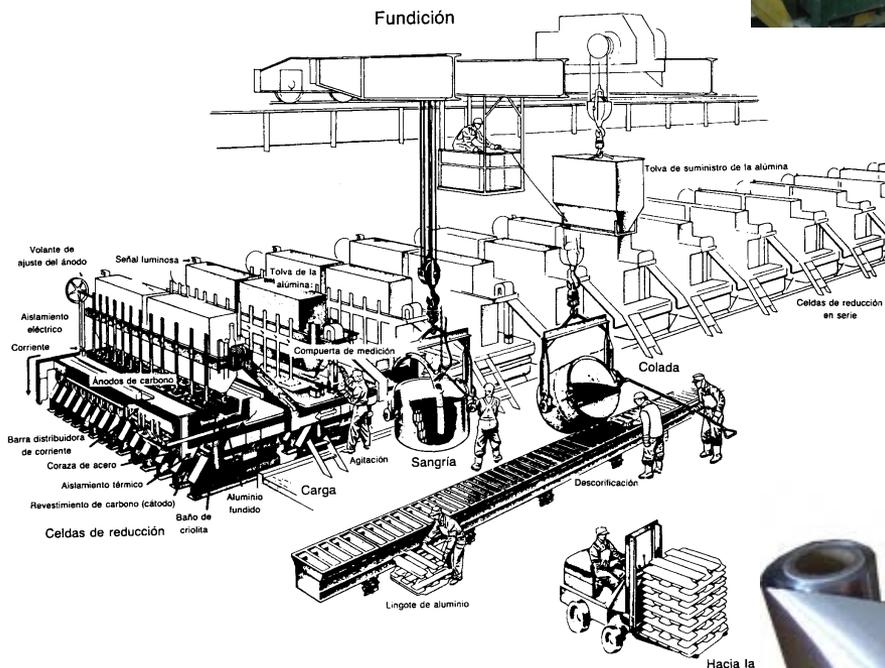
ESTRATEGIA METODOLOGICA:

. En cada sección se generará una lluvia y torbellino de ideas, en la cual los participantes expondrán desde su óptica, lugar de trabajo en la empresa, experiencia profesional y conocimientos adquiridos, su opinión y dudas sobre la temática presentada, favoreciendo así, el enriquecimiento y anclaje del conocimiento, incrementándose la conciencia de su rol e importancia en la cadena productiva.



EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS



Material en revisión:
rudycastillo55@gmail.com

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Aluminio, es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. Es un metal muy electropositivo y muy reactivo. Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste la posterior acción corrosiva. Por esta razón, los materiales hechos de aluminio no se oxidan.

El aluminio posee muy baja densidad ($2,72 \text{ gr/cm}^3$), baja temperatura de fusión (658° C) y alta conductibilidad eléctrica y térmica. La conductibilidad eléctrica del aluminio puro es de $34 \sim 10^4 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Las impurezas fundamentales en el aluminio son el hierro y el silicio. Estos aumentan la dureza del aluminio, pero disminuyen a la vez la plasticidad y resistencia a la corrosión.

El aluminio puro se lamina fácilmente hasta hojas muy delgadas, se puede estampar y prensar. La resistencia y dureza del aluminio se puede elevar por deformación en frío. Cuanto más puro es el aluminio, tanto más alta es su resistencia a la corrosión y mayor la conductividad eléctrica

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

La industria emplea el aluminio para aleaciones ligeras. Por su ligereza y buena conductibilidad térmica, se utiliza ampliamente en la industria aeronáutica y en la del automóvil. También tiene muchas aplicaciones en la construcción eléctrica, ya que su conductividad es el 62% de la del cobre, pero con una densidad tres veces menor.

El aluminio es también un excelente material de embalaje por su maleabilidad, inocuidad e impermeabilidad y su capacidad a los rayos ultravioleta: en finas hojas para acondicionar productos alimentarios, para tubos flexibles, para cápsulas de envases, etc.

La construcción hace uso de él en cubiertas, revestimientos de fachadas, carpintería metálica, etc., se emplea también en la fabricación de utensilios de cocina, aparatos electrodomésticos, material ferroviario, en la industria textil, etc. Las sales de aluminio por último, tienen una aplicación farmacológica en medicina (básicamente para el tratamiento de las infecciones gastrointestinales).

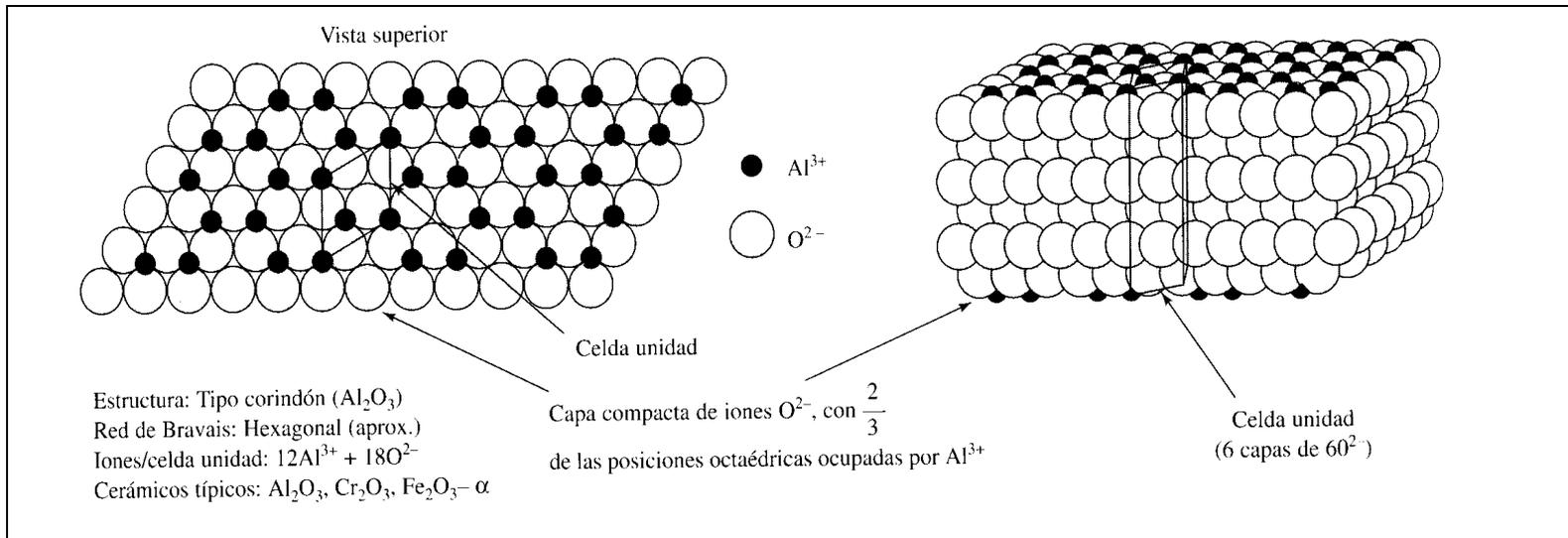
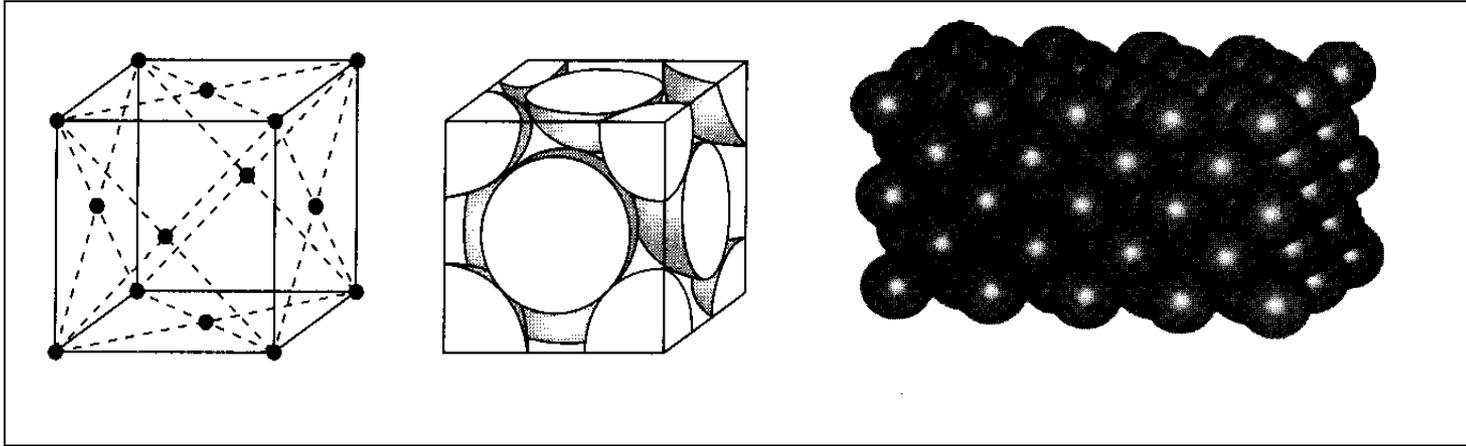
EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

Debido a su elevada proporción resistencia-peso es muy útil para construir aviones, vagones ferroviarios y automóviles, y para otras aplicaciones en las que es importante la movilidad y la conservación de energía. De manera comercial desde 1994 se utiliza el aluminio en autos como el NSX HONDA y el híbrido INSIGHT para la elaboración de l Chasis adicionalmente a la carrocería. El año 2001, el Automóvil “AUDI”, lanzado en Europa es considerado el auto más eficiente del mundo en cuanto a consumo de combustible. El Chasis pesa 900 Kg. y es fabricado completamente de aluminio.

Por su elevada conductividad térmica, el aluminio se emplea en utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna.

Aluminio y Al_2O_3 (Corindon)



EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

RESUMEN CRONOLOGICO DE LA TECNOLOGIA DEL ALUMINIO

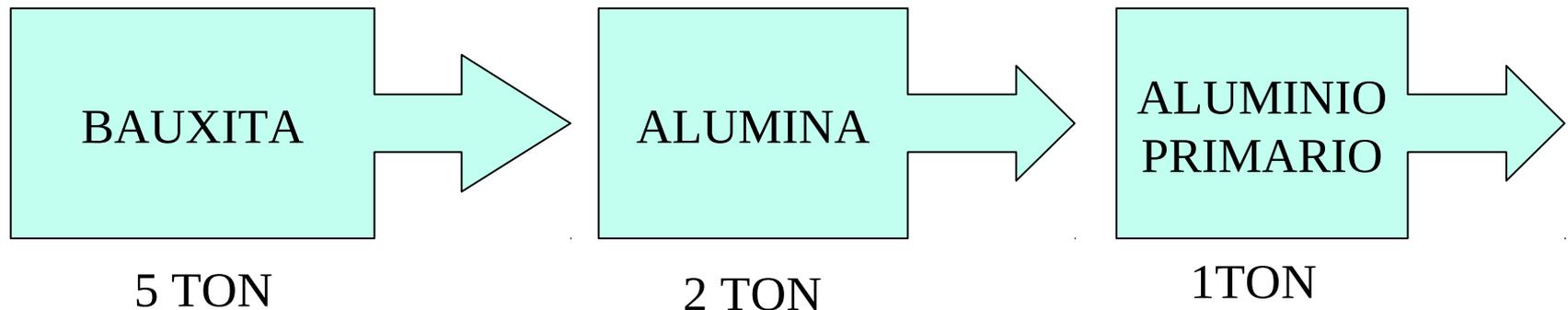
1895	Hans Christian Oesterd	Obtuvo Al metálico a partir de $K + AlCl_3$
1827 –1845	Friedrich Wöhler	Mejóro el proceso de Oersted utilizando potasio metálico y cloruro de aluminio
1850	Henri Sainte-Claire Deville	Obtuvo el metal en Francia reduciendo cloruro de aluminio con sodio
1886	Charles Martin Hall (USA) Paul L. T. Héroult (Francia)	Descubrieron por separado y casi simultaneamente que el óxido de aluminio o alúmina se disuelve en criolita fundida (Na_3AlF_6), pudiendo ser descompuesta electrolíticamente para obtener el metal fundido en bruto

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

La producción del aluminio comienza con la extracción de la bauxita. Generalmente, de cinco toneladas de bauxita se producen dos toneladas de alúmina y de ésta una tonelada de aluminio. La minería de la bauxita se encuentra mayormente en países tropicales - liderados por Sudamérica (33%), África (27%), Asia (17%) y Oceanía (13%) – generalmente en zonas habitadas por comunidades indígenas.

Las reservas globales de bauxita son enormes, han sido calculadas en 75 billones de toneladas. La mano de obra (34%) y la energía (21%) constituyen más de la mitad del costo de la extracción de la bauxita.



EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

BAUXITA: Descrita por primera vez a principios del S. XIX a partir de muestras procedentes de Baux-de-Provence (de ahí su nombre) y de Guinea, la Bauxita es un mineral que se forma en climas calientes y húmedos, lo que explica su presencia predominante en la zona tropical. Suele ser objeto de una primera transformación en el lugar donde se extrae picando y excavando, para ser luego transportada en forma de alúmina.

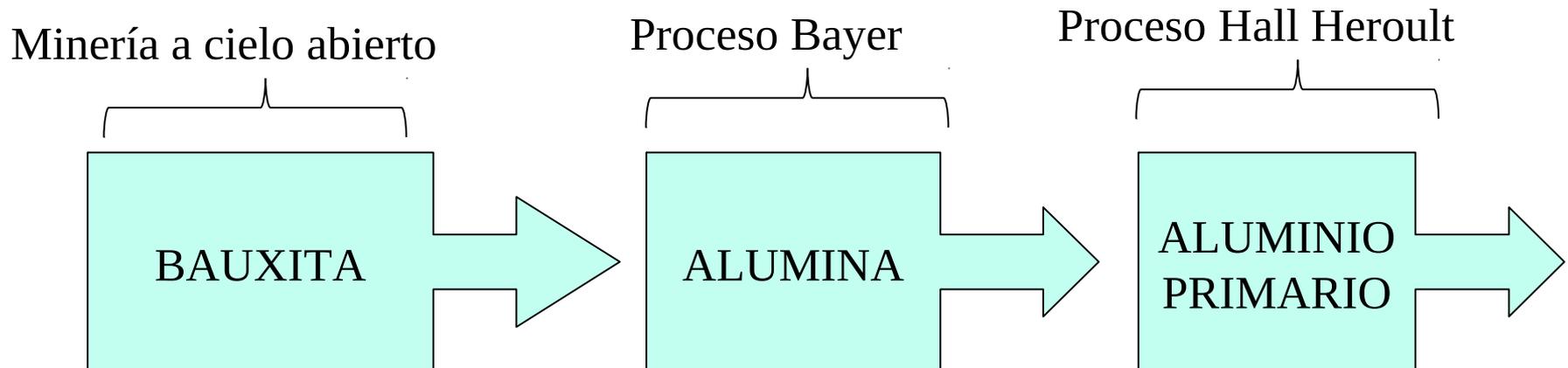
La producción mundial de bauxita se sitúa algo por encima de 105 Mt. Dos productores, Australia (netamente en cabeza) y Guinea, proporcionan conjuntamente más de la mitad de ese total.

Los otros productores notables se localizan en América, particularmente en la zona antillana (Jamaica) y de América del sur (Venezuela, Guyana, Surinam y Brasil), en Asia (China e India) y en algunos países de la U.R.S.S. La producción europea ha retrocedido en general, acusando una tendencia mundial a la disminución del empleo de la alúmina, que se había incrementado en los años setenta.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

Las fases siguientes de la producción del aluminio - el refinamiento de la bauxita para obtener alúmina y de la alúmina para obtener aluminio puro – se han trasladado a los países pobres en busca de los costos más bajos posibles. De la misma manera que con muchas otras industrias contaminantes, la producción de aluminio se está concentrando en forma creciente en países en vías de desarrollo.



EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

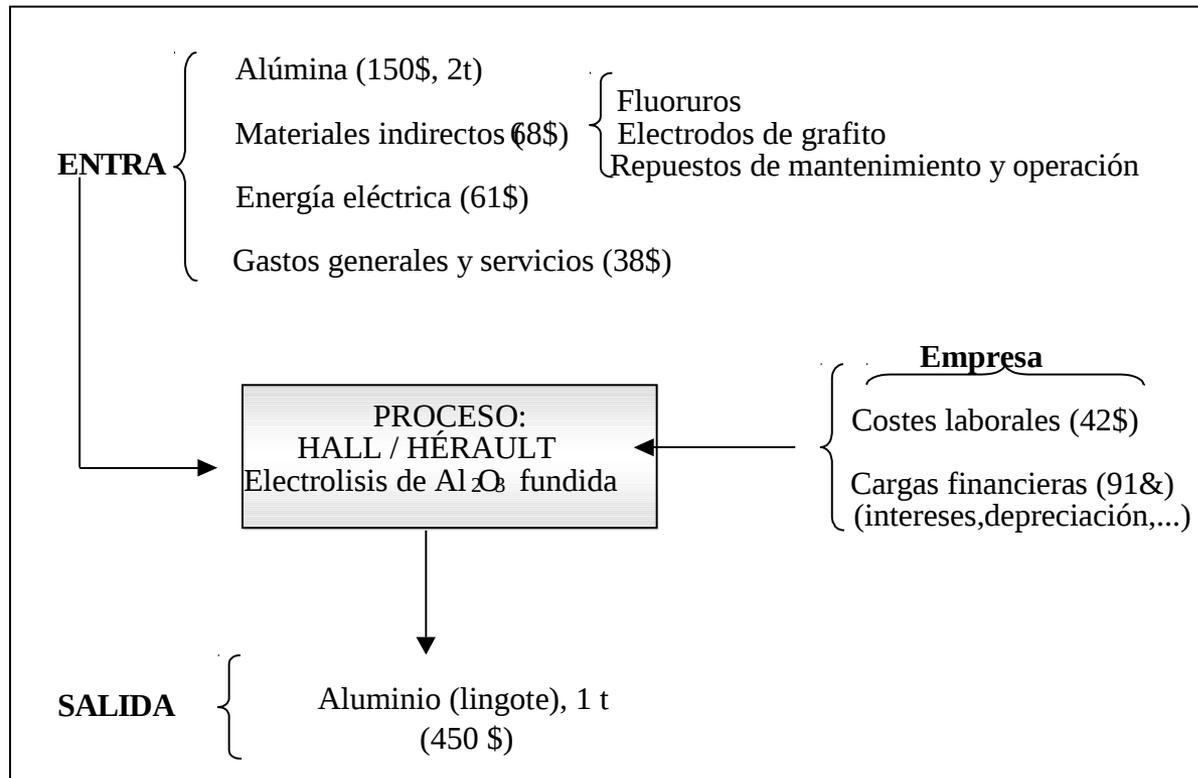
Un puñado de compañías – Alcoa, Alcan, Billiton y Norsk Hydro – orquestan la mayor parte de la actividad global de la industria del aluminio. Corporaciones transnacionales controlan más del 60 por ciento de la producción de bauxita en el mundo. Alcoa por sí sola concentra más de un tercio de la producción mundial de alúmina.

Estas grandes compañías controlan, en forma mayoritaria, cada una de las tres fases fundamentales del ciclo de producción del metal. Durante el año 2000, Alcoa y Alcan absorbieron a prominentes competidores del sector, volviendo a despertar en el mundo miedos históricos por la monopolización de la industria del aluminio.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El proceso Hall Heroult consiste en la **reducción electrolítica** de la alúmina (Electrólisis) para lo cual se necesitan grandes cantidades de energía eléctrica. Por eso, las instalaciones se montan frecuentemente en las proximidades de centrales hidroeléctricas, que pueden proporcionar electricidad barata (Alpes, Noruega, Canadá), o de centrales térmicas (Renanía Texas y Luisiana). Para hacer 1Kg. de aluminio son necesarios 4Kg. de Bauxita (de donde obtienen 2Kg. de alúmina), 1Kg. de Sosa, 1Kg. de electrólito, 10Kg. de carbono y 15 Kw/h de energía eléctrica



EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El proceso Hall Heroult requiere además de grandes cantidades de energía eléctrica de otros insumos que en algunos caso son monopolizados (caso de la criolita) .

Material	Uso
Alúmina (Al_2O_3)	Fuente de Al
Petróleo	Producir coque
Carbono	Producir brea
Coque	Manufactura del electrodo.
Criolita (Na_3AlF_6)	Disolver alúmina a $970^{\circ}C$
Electricidad	Reducción de alúmina a Al



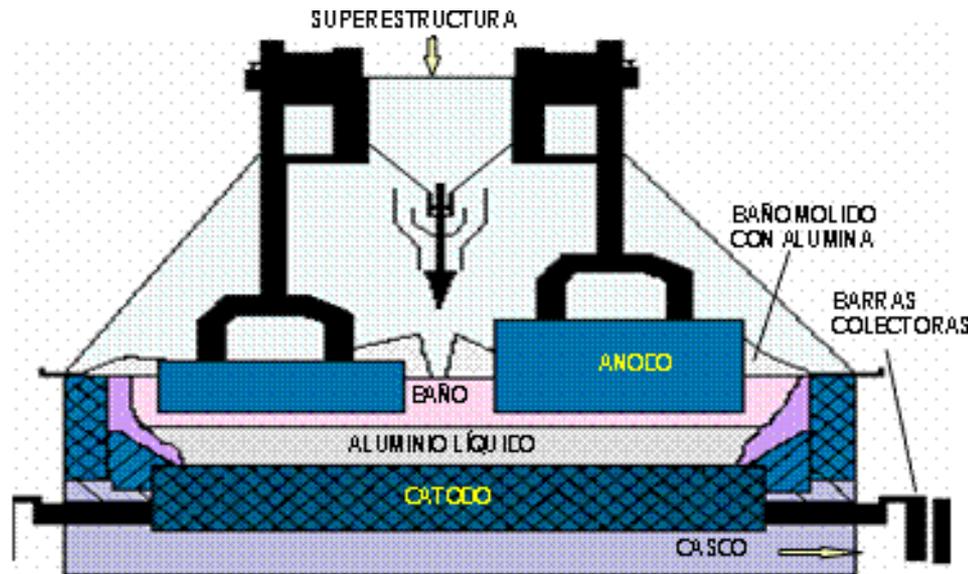
Otros materiales, tales como: fluoruro de aluminio (AlF_3), fluoruro de sodio (NaF), carbonato de sodio (Na_2CO_3), fluoruro de calcio (CaF_2), carbonato de litio ($LiCO_3$) y óxido de magnesio (MgO), se añaden al electrolito para mejorar la eficiencia de operación de la celda.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

La reducción del aluminio se realiza en una celda electrolítica también llamada celda de reducción de aluminio, que no es más que una estructura de acero en forma de caja rectangular abierta, llamada casco.

El casco se encuentra cubierta en su interior por ladrillos refractarios que circundan al bloque de carbón catódico y a su vez sirve de vasija contenedora del electrolito y el aluminio líquido.



Inmersos en el electrolito fundido (baño electrolítico) se encuentran los bloques de carbón combustible (ánodos) suspendidos de una estructura de acero (superestructura) que es soportada por el casco.

Esquema general de una celda Hall-Heroult, mostrando una sección transversal típica.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS



La corriente eléctrica (corriente continua) necesaria para la reducción de aluminio se introduce en la celda a través de los ánodos.

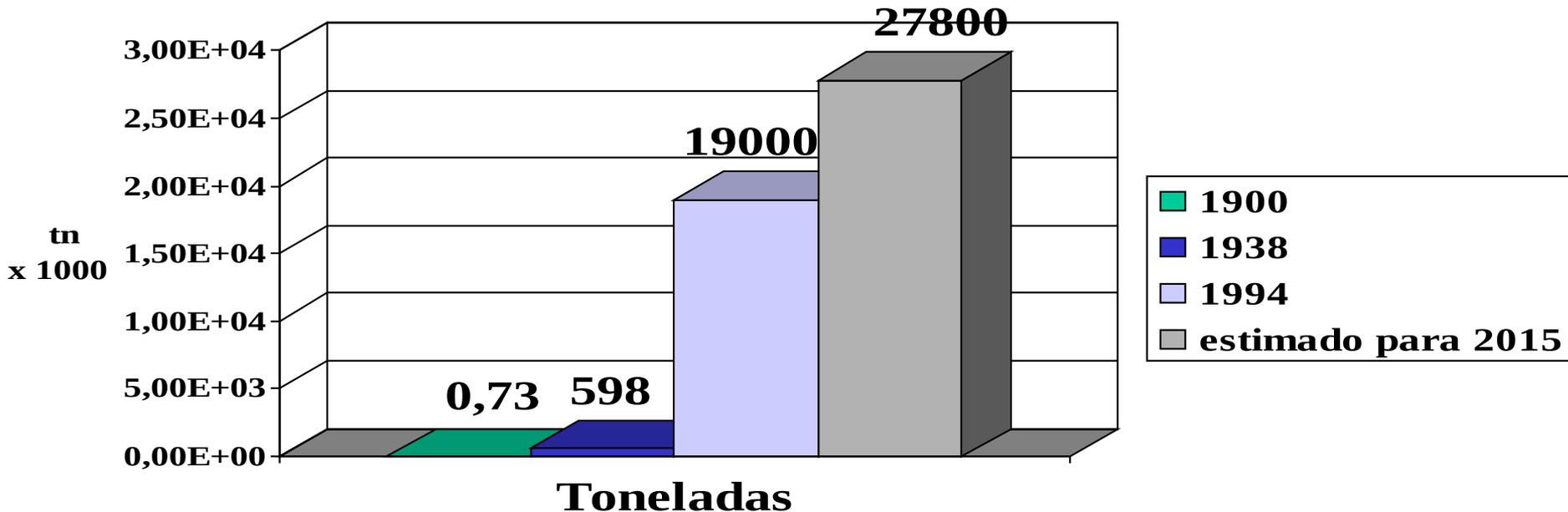
Dentro de la celda, la corriente fluye a través del electrolito hacia el metal líquido (aluminio) y bloque catódico y sale por las barras colectoras.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

La producción mundial de aluminio ha experimentado un rápido crecimiento, aunque se estabilizó a partir de 1980. La más reciente investigación de mercado concluye que para el año 2015 la demanda mundial del aluminio primario crecerá en 2,6 % anual estimándose el incremento de la producción de aluminio primario en 9,8 millones de toneladas

Producción del Aluminio



EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

La geografía de la producción de aluminio (dominada por algunas grandes empresas: Alcan, Alcoa, Reynolds, Kaiser, Pechiney) difiere, mucho de la relacionada al procesamiento y explotación de la Bauxita. La industria del aluminio, por su costo es una industria de países desarrollados. No es de extrañar, por consiguiente, ver que figuran a la cabeza de los productores Estados Unidos (4 Mt.) y países de la antigua U.R.S.S. (casi 2,5 Mt.). Ambos aportan mas del 35% de una producción mundial que supera los 18 Mt. y que crece con cierta lentitud.

En la categoría de grandes productores se sitúa también Canadá y Noruega, gracias a su potencia hidroeléctrica, Australia que se beneficia de sus ricos yacimientos de bauxita, y también Alemania. Francia, que desempeñó papel pionero, ocupa hoy un lugar mucho más modesto.

Brasil y Venezuela, en América Latina, son los productores más importantes.

Es de destacar el creciente volumen de aluminio recuperado, lo que contribuye a explicar el menor ritmo de aumento de producción en primera fusión: Japón produce hoy 1 Mt. de aluminio de segunda fusión, y Alemania unas 500.000 t.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

Venezuela para el año 2006 ocupaba el puesto No. 11 entre los países productores de Aluminio primario, tal como se muestra en la siguiente tabla

Lista de países ordenados según la producción del aluminio reportada en el I 2006, basado en informe de Altech emitido en Septiembre 2007.

Ranking según producción de Al (año 2006)	País/región estado soberano	Producción del aluminio (toneladas)
1	República Popular de China	58960
2	Rusia	41020
3	Estados Unidos	34930
4	Canadá	31170
5	Australia	19450
6	El Brasil	16740
7	Noruega	13840
8	La India	11830
9	Bahrein	872
10	Emiratos árabes unidos	861
11	Suráfrica	855
12	Islandia	721
13	Alemania	679
14	Venezuela	640

Frente a las tendencias del mercado mundial, las ventajas comparativas de Venezuela los analistas sugieren incentivar la inversión y el desarrollo para la producción de aluminio primario a 2 millones de toneladas año que generarían ganancias netas estimadas en 1105 millones de Dólares

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Rol de las Agencias de ‘Desarrollo’

Los bancos de desarrollo bilaterales y multilaterales han fomentando el desarrollo industrial en países subdesarrollados. El Banco Mundial y agencias financieras nacionales han financiado, o están considerando financiar, tanto la privatización de la infraestructura de la industria del aluminio, como la construcción de nuevas plantas refinadoras de alúmina o de reducción de aluminio en: Armenia, Azerbaiyán, Brasil, Camerún, China, Egipto, Gana, Guinea, Guyana, Indonesia, India, Kazakhsan, Malawi, Mozambique, Omán, Rusia, Tajikistán y Turkmenistán.

No es coincidencia que la industria del Aluminio, a nivel mundial, esté dominada por corporaciones transnacionales basadas en los países que están financiando las centrales hidroeléctricas u otras fuentes de energía que la industria necesita, así como las minas, las refinerías de alúmina y las plantas reductoras de aluminio

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Rol de la Energía Barata

Como el 45% del costo de la reducción del aluminio corresponde a la electricidad requerida, las plantas reductoras se concentran alrededor de fuentes de energía barata ubicadas en países pobres: ríos caudalosos, yacimientos de carbón, depósitos de gas natural y zonas volcánicas (energía geotérmica).

El hambre de energía de la industria del aluminio genera a la vez proezas de ingeniería, trágicas inequidades y devastación ecológica. Según el Worldwatch Institute la industria mundial del aluminio, en 1990, consumió tanta electricidad como todo el continente Africano. En lugares como Surinam, líneas de transmisión que abastecen de electricidad a plantas reductoras pasan por encima de precarios asentamientos de indígenas que antes habían sido obligados a abandonar sus tierras para la construcción de los embalses hidroeléctricos correspondientes.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Rol de la Energía Barata

La energía barata es la clave para la reducción [del aluminio] a bajo costo.

En pequeños países como Tajikistán, Bahrain y Ghana las plantas reductoras consumen un tercio o más de su producción nacional de energía. La producción de una tonelada de aluminio consume entre 14 y 18.5 megawatts-hora de energía (Alcan 10- K, FY 1999).

La producción de un kilo de aluminio consume entre 12 a 20 kilowatts-hora de electricidad. Harnisch et al. (1999) estiman que en 1985 las fuentes de energía de la industria eran 57% hidroeléctricas,

Es por esto que las plantas reductoras son construidas a menudo en lugares aparentemente extraños, tales como Siberia, Islandia y Dubai, exclusivamente por el acceso a fuentes baratas de energía.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Costo de la Mano de Obra

La mano de obra es el segundo mayor costo de la industria.

Las trasnacionales del rubro compensan la producción perdida en las plantas que éstas cierran en sus países de origen por motivos económicos estratégicos, aumentando la producción en plantas mucho más baratas que han construido en lugares como Mozambique, dónde Billiton le paga a la mayoría de sus trabajadores menos de US 30 centavos por hora de trabajo.

Estas empresas no solamente buscan países dónde la mano de obra sea barata sino también países dónde los diversos derechos de los trabajadores - laborales, sindicales, ambientales, de salud - no sean un gran problema.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Costo de la Mano de Obra

No cabe duda que la industria del aluminio se ha desarrollado en el mundo a costa de los derechos de muchas personas y particularmente de los derechos de pueblos originarios y poblaciones rurales. En efecto, los trabajadores de la industria del aluminio enfrentan serios riesgos de salud. Los recintos dónde se ubican las celdas de reducción son particularmente riesgosos por las emisiones cancerígenas que éstas producen.

Las historias de violaciones de derechos humanos por las corporaciones transnacionales del aluminio son muchas y han ocurrido en diversos lugares del mundo tales como India, Australia, Brasil, Guinea, Malawi, Malasia Sierra Leone, Suriname. En todos estos casos vuelve a quedar en evidencia la colusión entre gobiernos, bancos y agencias financieras y las transnacionales del aluminio para que estas violaciones de derechos humanos ocurran y luego queden impunes.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Costo Ecológico

El costo ecológico de la industria es elevado.

La industria del aluminio, contribuye significativamente al cambio climático global por dos motivos: 1) consume enormes cantidades de energía que es generada ya sea quemando combustibles fósiles o con centrales hidroeléctricas que exigen inundar vastas áreas; ambos procesos que liberan grandes cantidades de gases invernadero; y 2) las plantas reductoras emiten pequeñas cantidades de los más potentes gases invernadero que existen, los perfluorocarbonos que tienen un potencial de contribución al calentamiento global que es 6.500 a 9.200 veces más alto que el CO₂.

Las plantas de aluminio emiten cerca del 1% de las emisiones de gases invernadero del mundo, ya que el ciclo completo del aluminio genera unas doce toneladas de CO₂ por tonelada de aluminio producido. Los cálculos indican que la industria habrían generado cerca de 3 billones de toneladas de CO₂ para el año 2003.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

El Costo Ecológico

Las emisiones de fluoruros de la planta reductora Nalco en Angul, Orissa, India, han provocado diversas afecciones a los pobladores locales tales como fragilidad ósea (fluorosis), problemas de la dentadura y encías, así una enfermedad a la piel que se manifiesta como porciones de piel muerta. El ganado de estas comunidades, que está más expuesto a la contaminación por la ingestión de las sales fluoradas sedimentables que se depositan sobre los pastizales, sufre deformidades de los huesos y altas tasas de mortalidad. En un poblado a un kilómetro de la planta Nalco el ganado disminuyó de 3.000 a 100 cabezas en diez años.

Síntomas similares de fluorosis en seres humanos y animales se han detectado en los poblados ubicados alrededor de la cuarta mayor planta reductora del mundo ubicada en Tursunzade, Tajikistán y en una región de la provincia de Québec, Canadá, donde se ubican cuatro plantas reductoras de Alcan.

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS

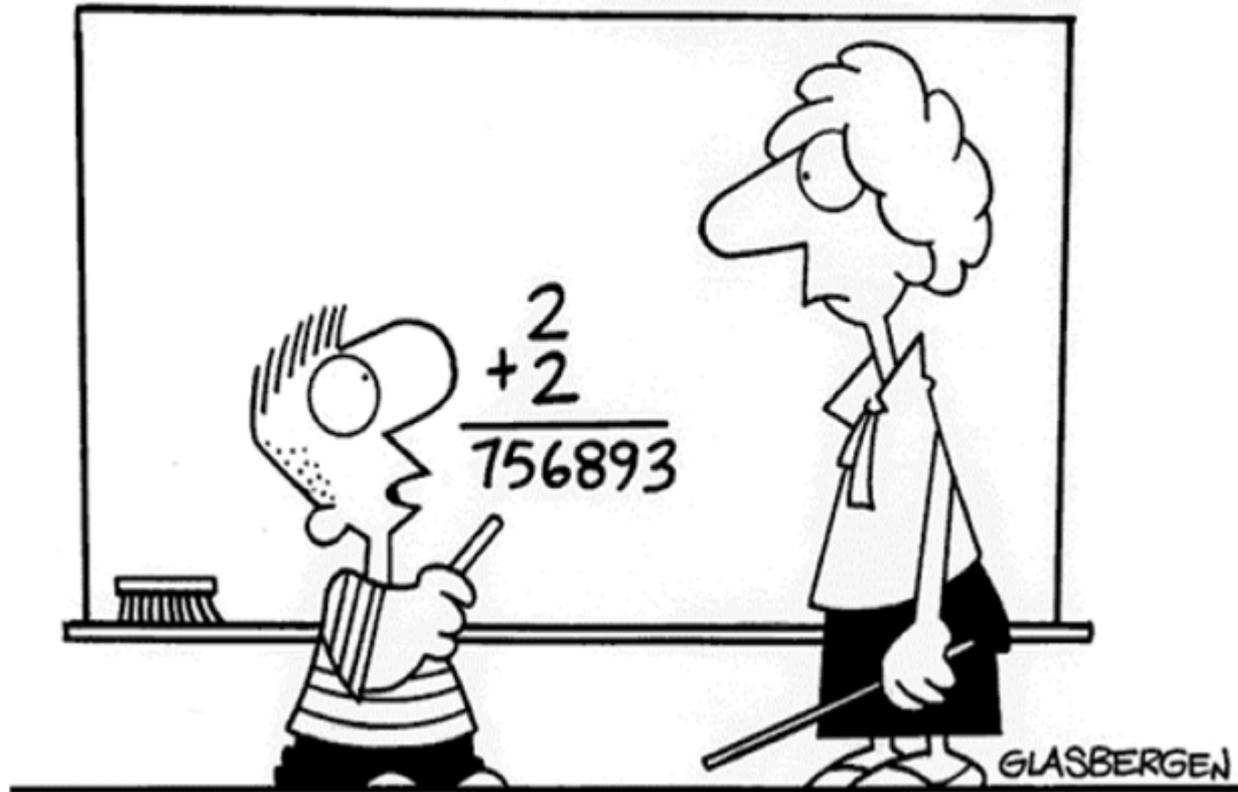
El Costo Ecológico

Los biólogos han relacionado las emisiones de estas plantas reductoras con las inusuales altas tasas de cáncer que sufren las ballenas beluga aguas abajo en el estuario del río San Lorenzo. En Rusia - el mayor exportador de aluminio primario del mundo y el segundo productor (3.15 millones de toneladas al año) después de los EUA – la instalación una planta reductora en Sumgait ha contribuido a que ésta sea considerada una de las ciudades más contaminadas de la ex Unión Soviética (Mining Journal, 14/11/1997).

En su pico operacional en los años 80, un documental local denunciaba que la planta reductora “envenena el aire de la cuenca de Sumgait con 70.000 toneladas de emisiones tóxicas al año” (TV Soviética, 11/05/1989).

EL ALUMINIO

INTRODUCCION - ASPECTOS POLITICOS Y TECNOLOGICOS



Un mundo que incrementa su complejidad de manera exponencial, algunas veces requiere , para viejas preguntas, nuevas respuestas ...¿Está Ud. de acuerdo?...

La clase dominada debe romper con los esquemas que le han sido implantadas por la clase dominante.
¡Debemos transformar esa realidad!



Para transformar la
realidad...debemos
conocerla... hacer
contacto con ella... para
poder transformarla



**REALIDAD IMPUESTA EN VENEZUELA
Y EN LOS PUEBLOS DOMINADOS («SUBDESARROLLADO»)**

EDUCACION Y
FORMACION
DE TALENTO
HUMANO

DESARROLLO
EN CIENCIA Y
TECNOLOGIA

DESARROLLO
SOCIO
PRODUCTIVO

**¡ NO SOMOS
SOBERANOS!**

**¡SOMOS
ALTAMENTE
DEPENDIENTES**



PROCESOS PARA TRANSFORMAR LA REALIDAD

La Universidad Bolivariana de Trabajadores “Jesús Rivero” establece como estrategia fundamental la ***autoformación colectiva, continua, integral y permanente*** basándose en el diálogo y el contraste de los saberes alcanzados desde su práctica socioproductiva, vinculadas a las prácticas formalizadas desde ambientes académicos.



DEBEMOS DEFINIR LAS SITUACIONES PROBLEMA NEURÁLGICAS

Situación
diagnóstico
existente

La realidad

SDE



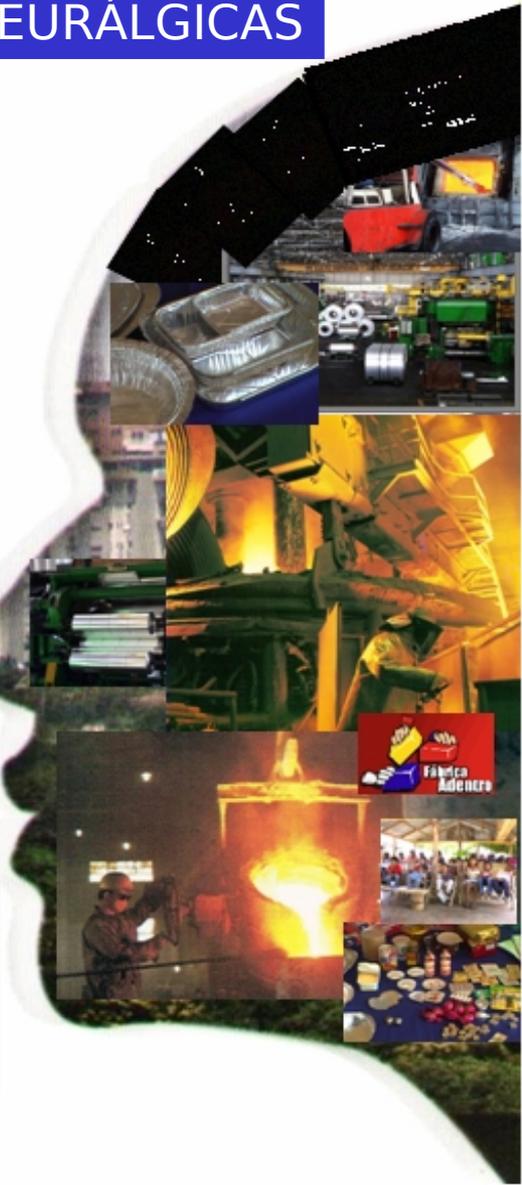
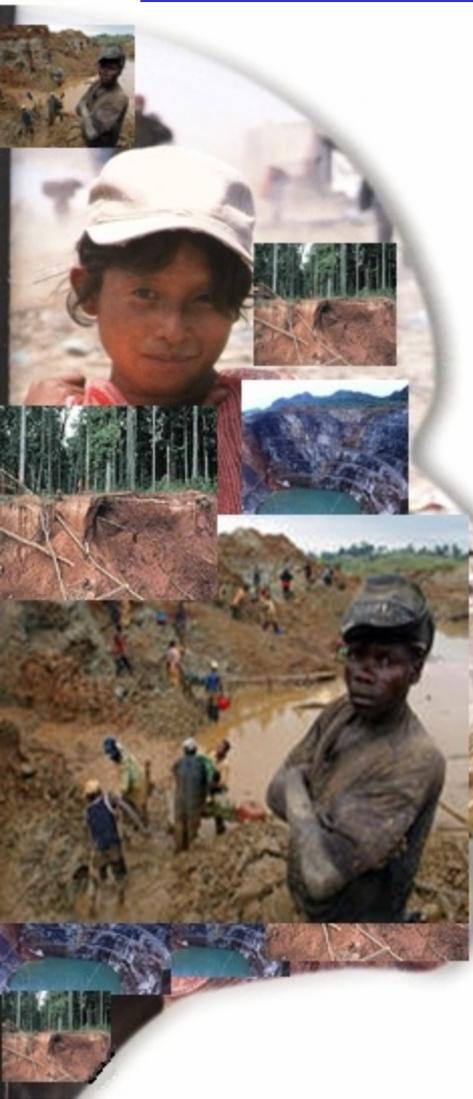
DISCREPANCIA



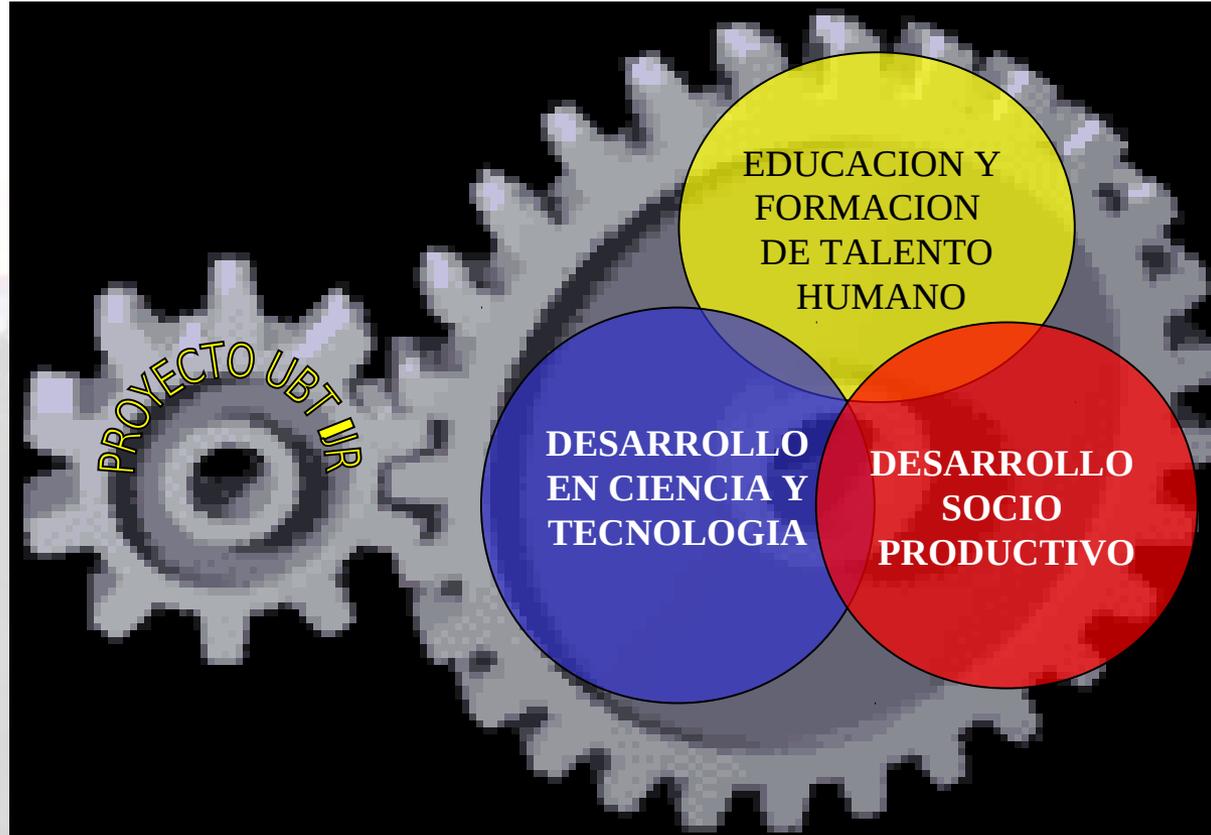
SVD

Situación
viable
deseada

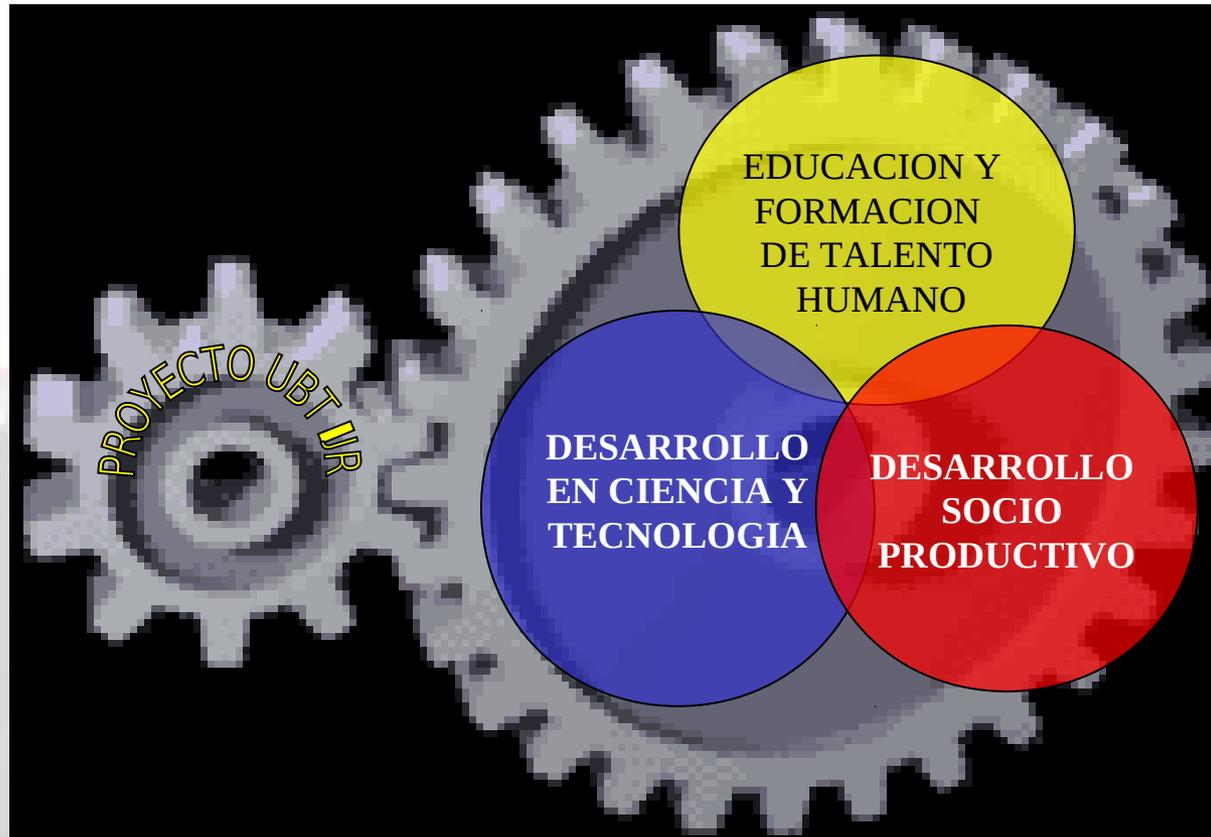
El ideal



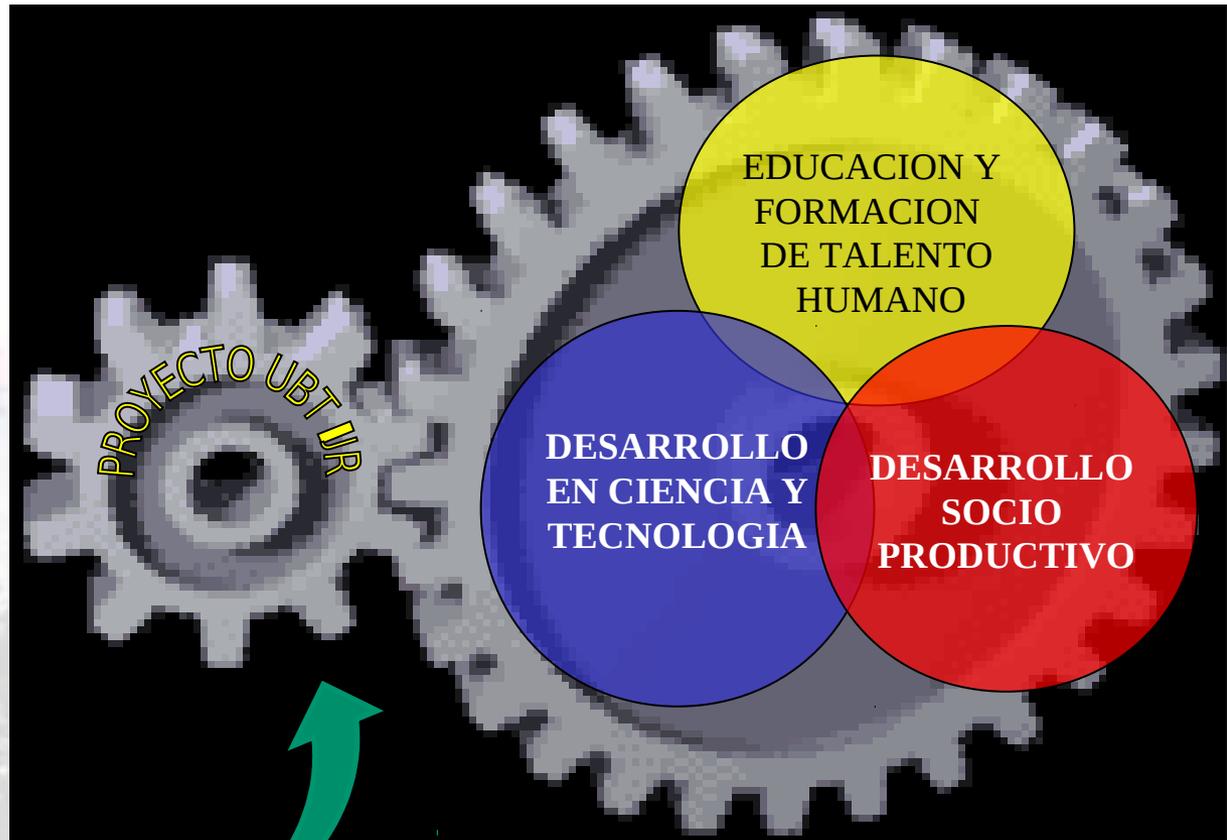
1.- Debe consolidarse **un equipo de estudio** que lidere un proyecto para aprender haciendo.. transformar para impulsar nuestra soberanía



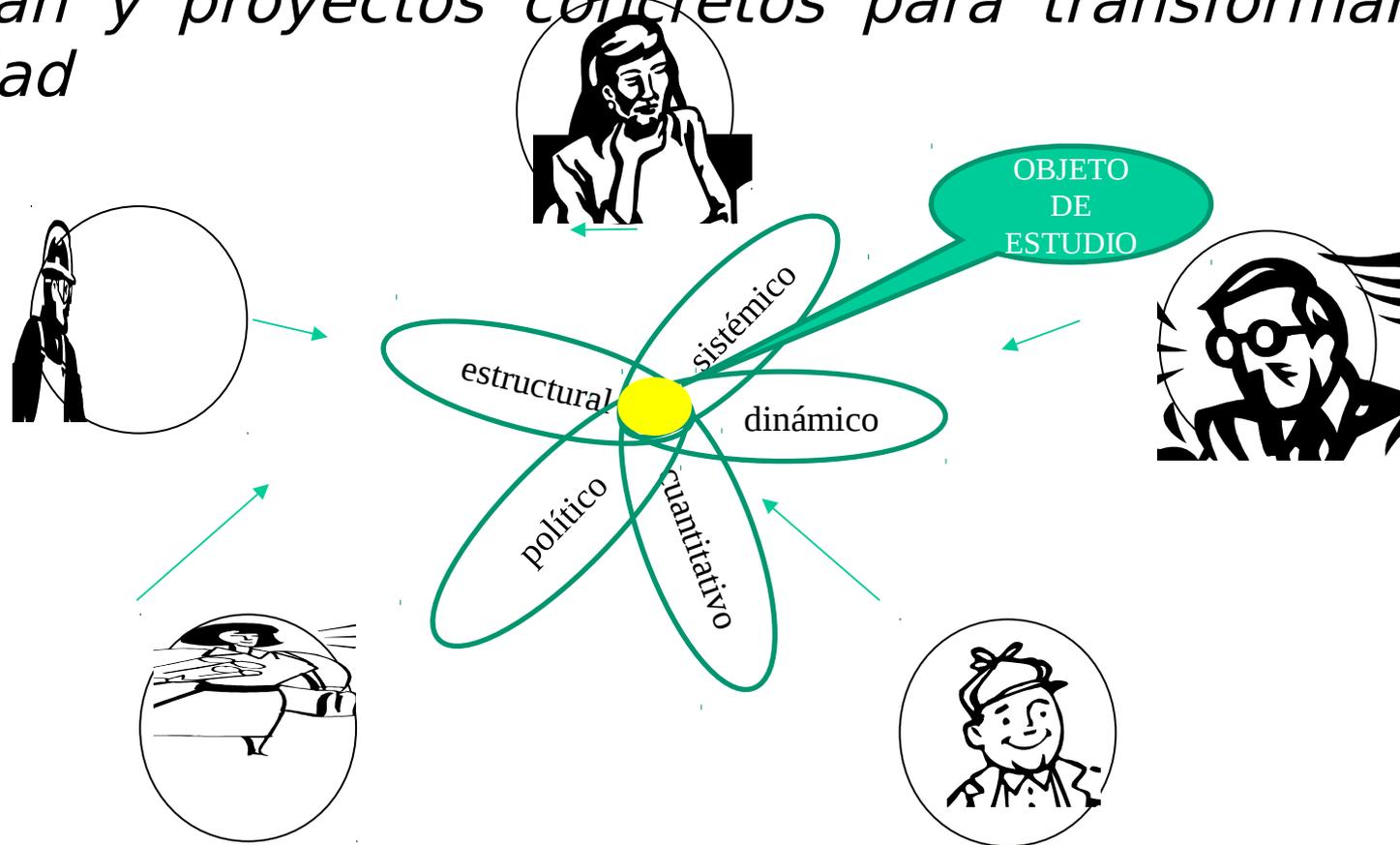
Se propone reaprender a pensar, y desarrollar la conciencia colectiva de la clase trabajadora



2- Definimos un **OBJETO DE ESTUDIO** ..el cual será la realidad que nos proponemos transformar....



El equipo de estudio se reúnen para realizar el análisis de la realidad planteada.... Utiliza para ello los encuentros de saberes .. Debe utilizar una estrategia adecuada y sistemática para así elaborar un plan y proyectos concretos para transformar la realidad



La Estrategia es la autoformación colectiva, integral continua y permanente

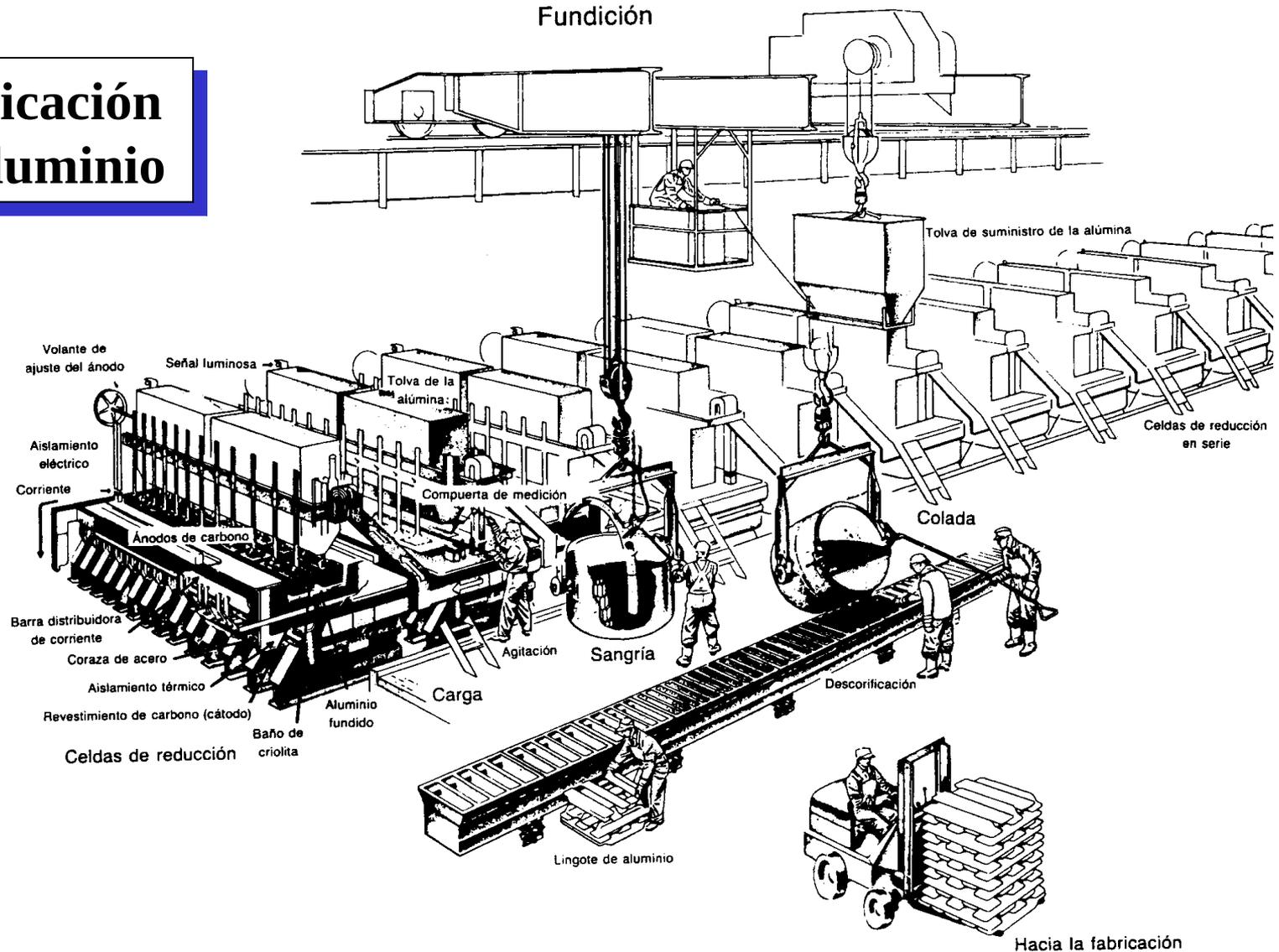
Preguntas orientadoras

- 1. Cuales son las principales amenazas que tiene el desarrollo de la industria de Al en Venezuela en General y en RIALCA en particular**
- 2. Cuales son las principales ventajas que tiene que tiene el desarrollo de la industria de Al en Venezuela en General y en RIALCA en particular**
- 3. ¿Qué Planes de desarrollo se sugiere agilizar en RIALCA en función de las amenazas y oportunidades?**

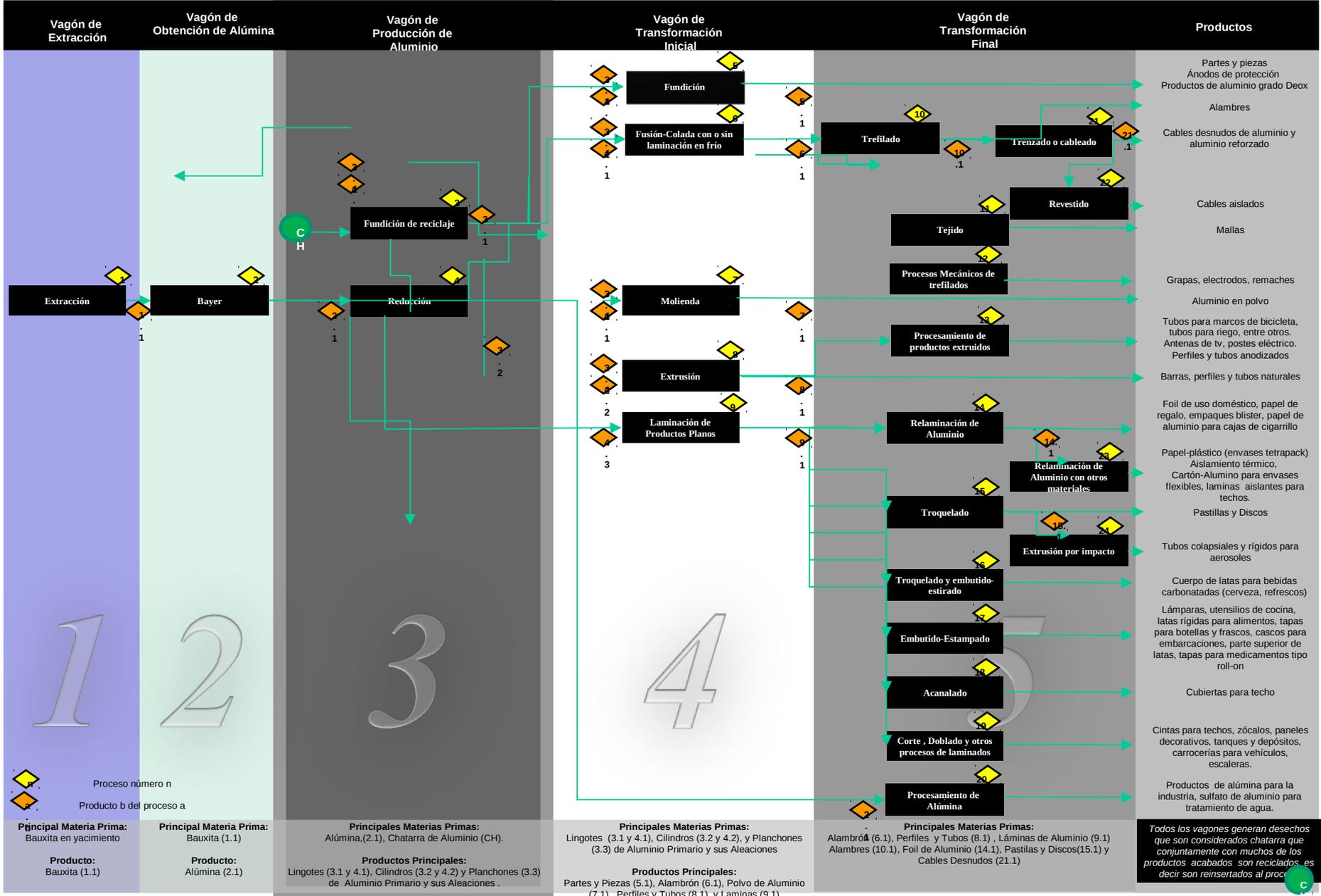
EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Fabricación de Aluminio



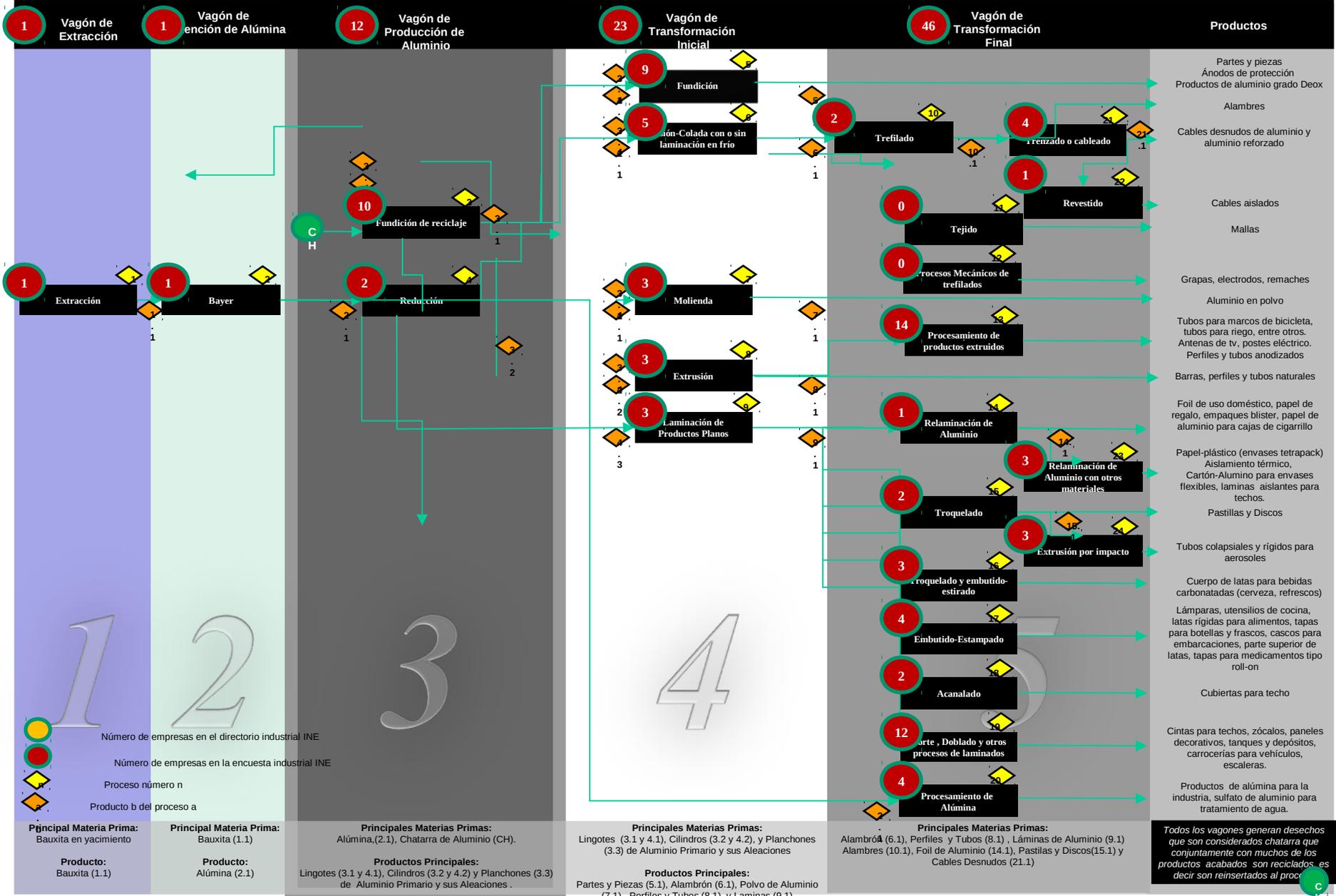
MODELO DEL TREN DEL ALUMINIO



MODELO DEL TREN DEL ALUMINIO

112

73



Productos

- Partes y piezas
- Añodos de protección
- Productos de aluminio grado Deox
- Alambres
- Cables desnudos de aluminio y aluminio reforzado
- Cables aislados
- Mallas
- Grapas, electrodos, remaches
- Aluminio en polvo
- Tubos para marcos de bicicleta, tubos para riego, entre otros.
- Antenas de tv, postes eléctrico.
- Perfiles y tubos anodizados
- Barra, perfiles y tubos naturales
- Foil de uso doméstico, papel de regalo, empaques blister, papel de aluminio para cajas de cigarrillo
- Papel-plástico (envases tetrapack)
- Aislamiento térmico,
- Cartón-Alumino para envases flexibles, laminas aislantes para techos.
- Pastillas y Discos
- Tubos colapsiales y rígidos para aerosoles
- Cuerpo de latas para bebidas carbonatadas (cerveza, refrescos)
- Lámparas, utensilios de cocina, latas rígidas para alimentos, tapas para botellas y frascos, cascos para embarcaciones, parte superior de latas, tapas para medicamentos tipo roll-on
- Cubiertas para techo
- Cintas para techos, zócalos, paneles decorativos, tanques y depósitos, carrocerías para vehículos, escaleras.
- Productos de alúmina para la industria, sulfato de aluminio para tratamiento de agua.

Principal Materia Prima:
Bauxita en yacimiento

Producto:
Bauxita (1.1)

Principal Materia Prima:
Bauxita (1.1)

Producto:
Alúmina (2.1)

Principales Materias Primas:
Alúmina,(2.1), Chatarra de Aluminio (CH).

Productos Principales:
Lingotes (3.1 y 4.1), Cilindros (3.2 y 4.2) y Planchones (3.3) de Aluminio Primario y sus Aleaciones .

Principales Materias Primas:
Lingotes (3.1 y 4.1), Cilindros (3.2 y 4.2), y Planchones (3.3) de Aluminio Primario y sus Aleaciones

Productos Principales:
Partes y Piezas (5.1), Alambroón (6.1), Polvo de Aluminio (7.1), Perfiles y Tubos (8.1) y Laminas (9.1)

Principales Materias Primas:
Alambroón (6.1), Perfiles y Tubos (8.1), Láminas de Aluminio (9.1) Alambres (10.1), Foil de Aluminio (14.1), Pastillas y Discos(15.1) y Cables Desnudos (21.1)

Todos los vagones generan desechos que son considerados chatarra que conjuntamente con muchos de los productos acabados son reciclados. es decir son reinsertados al proceso.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

RESUMEN DE PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO:

Las propiedades del aluminio dependen de un conjunto de factores, de estos, el más importante es la existencia de aleantes. Aún en el aluminio puro (99,99 % de pureza), las impurezas (Fe y Si) determinan, en gran medida, sus propiedades mecánicas.

Los elementos aleantes principales del aluminio son: cobre (Cu), silicio (Si), magnesio (Mg), zinc (Zn) y manganeso (Mn):

En menores cantidades existen, frecuentemente, como impurezas o aditivos: hierro (Fe), cromo (Cr) y titanio (Ti). Para aleaciones especiales se adiciona: níquel (Ni), cobalto (Co), plata (Ag), litio (Li), vanadio (V), circonio (Zr), estaño (Sn), plomo (Pb), cadmio (Cd) y bismuto (Bi).

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

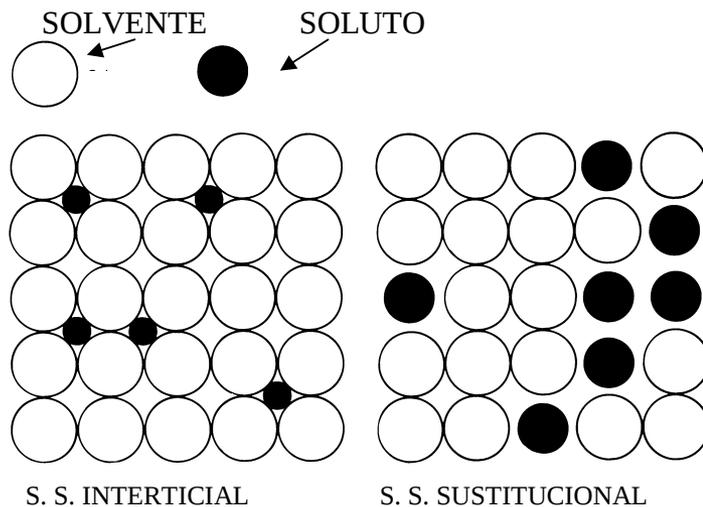
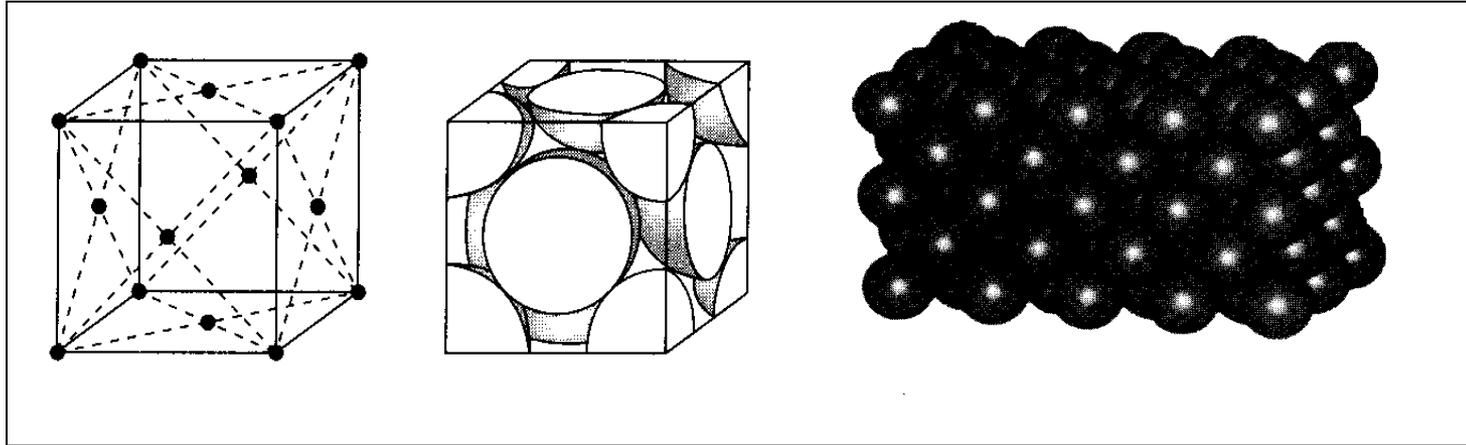
IMPUREZAS Y FASE EN LAS ALEACIONES DE ALUMINIO: Los elementos que se encuentran en el aluminio, pueden formar fases en el aluminio generadas de manera:

EXOGENA: Proviene de impurezas que se incorporan al aluminio y sus productos durante su fabricación. Ejemplo: Alúmina, Pedazos o polvo de ladrillos refractarios, polvo de colada, hidrógeno, escoria, fundentes, etc

ENDOGENA: Incorporadas al aluminio de manera intencional o producto de reacciones fisicoquímicas y termodinámicas de los elementos de aleación con el aluminio, aire y/o gases de combustión. Se pueden generar soluciones (normalmente deseadas) o compuestos químicos o intermetálicos. Ejemplo, carburos, óxidos, partículas de segunda fase (TIBOR), siliciuro de Magnesio, Inclusiones de elementos alcalino -térreos (Li, Na, K), Eutécticos de Fe, etc

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

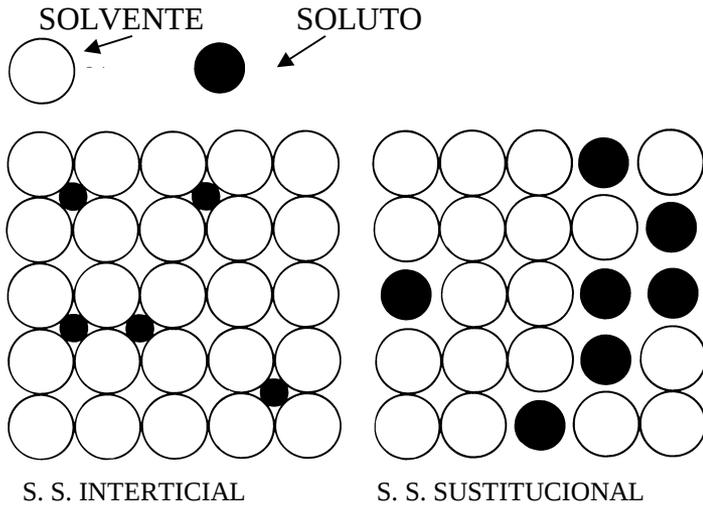


Al incorporarse átomos extraños en la red cristalina , se forman inicialmente una solución sólida (siempre y cuando exista solubilidad del elemento en el Al)

Solución sólida

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



Las soluciones sólidas tienen propiedades similares al metal base. Estas cambian a medida que se incrementa el soluto

Solución sólida

SOLUCION SOLIDA



Granos poligonales

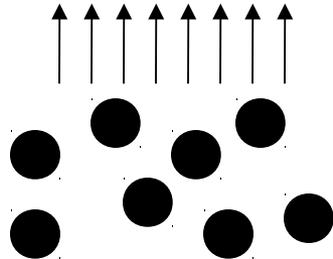
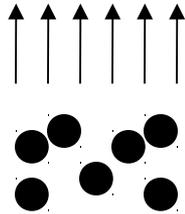
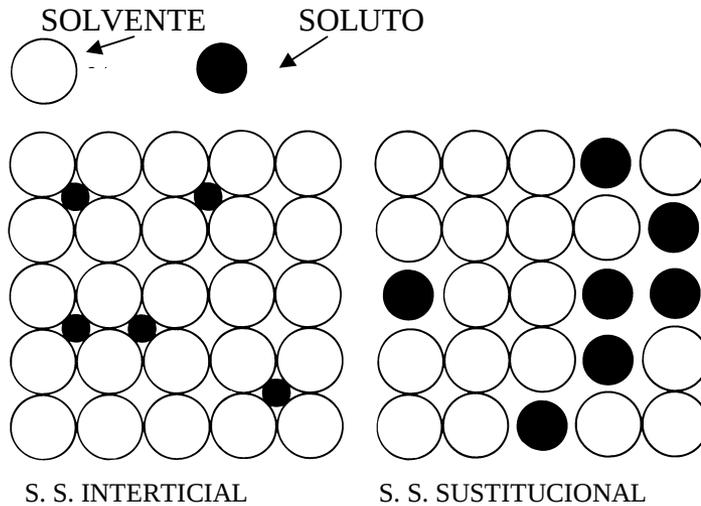
Granos dendríticos

Aleación monofásica



EL ALUMINIO

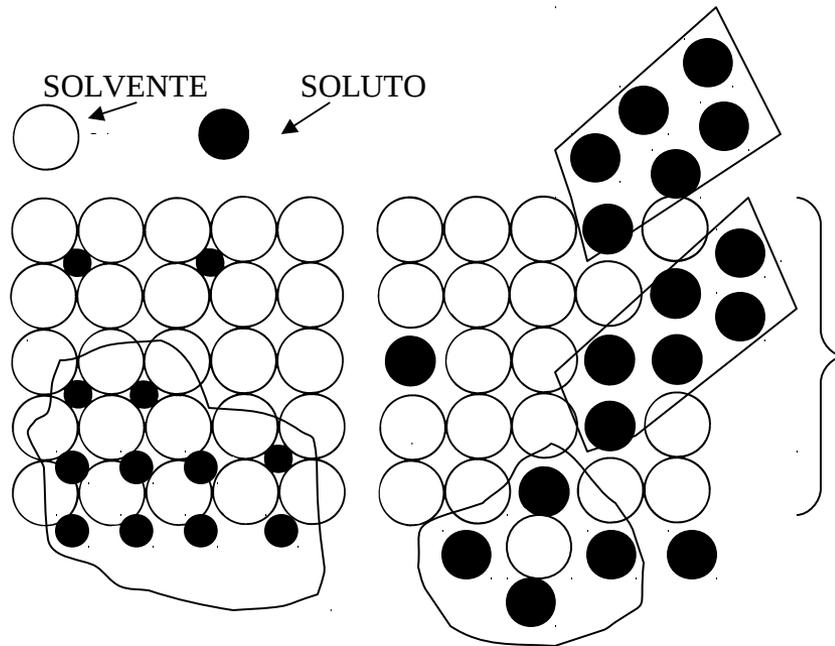
ASPECTOS TECNOLOGICOS



¿qué pasa si
incorporamos más
soluto al metal base?

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



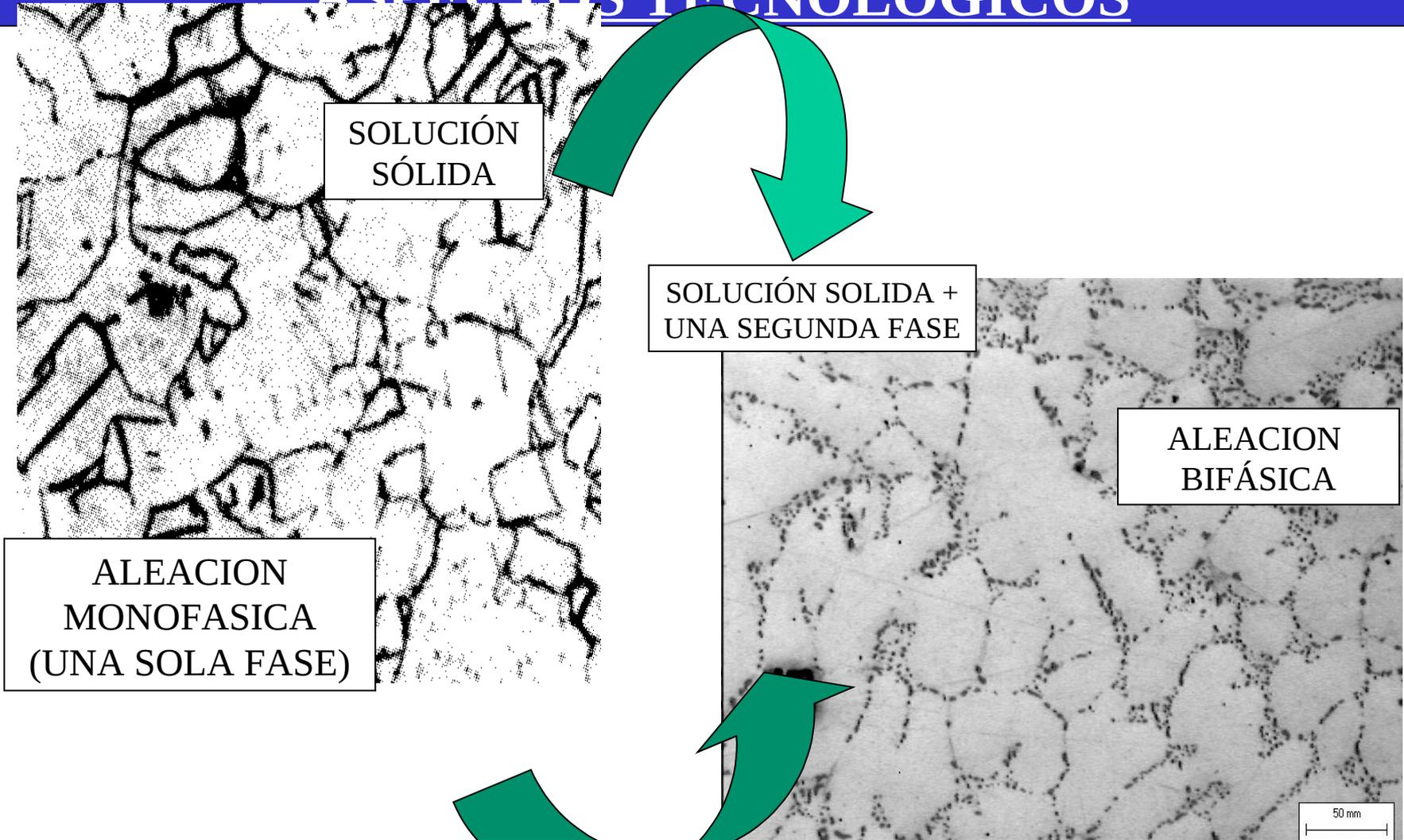
¿qué pasa si incorporamos más soluto al metal base?

Solución sólida
+
Compuestos
(fases distintas)

Se puede exceder el límite de solubilidad y formarse segundas fases . La aleación pasaría de ser monofásica (una sola fase) a bifásica (dos fases) o multifásica (mas de dos fases)

EL ALUMINIO

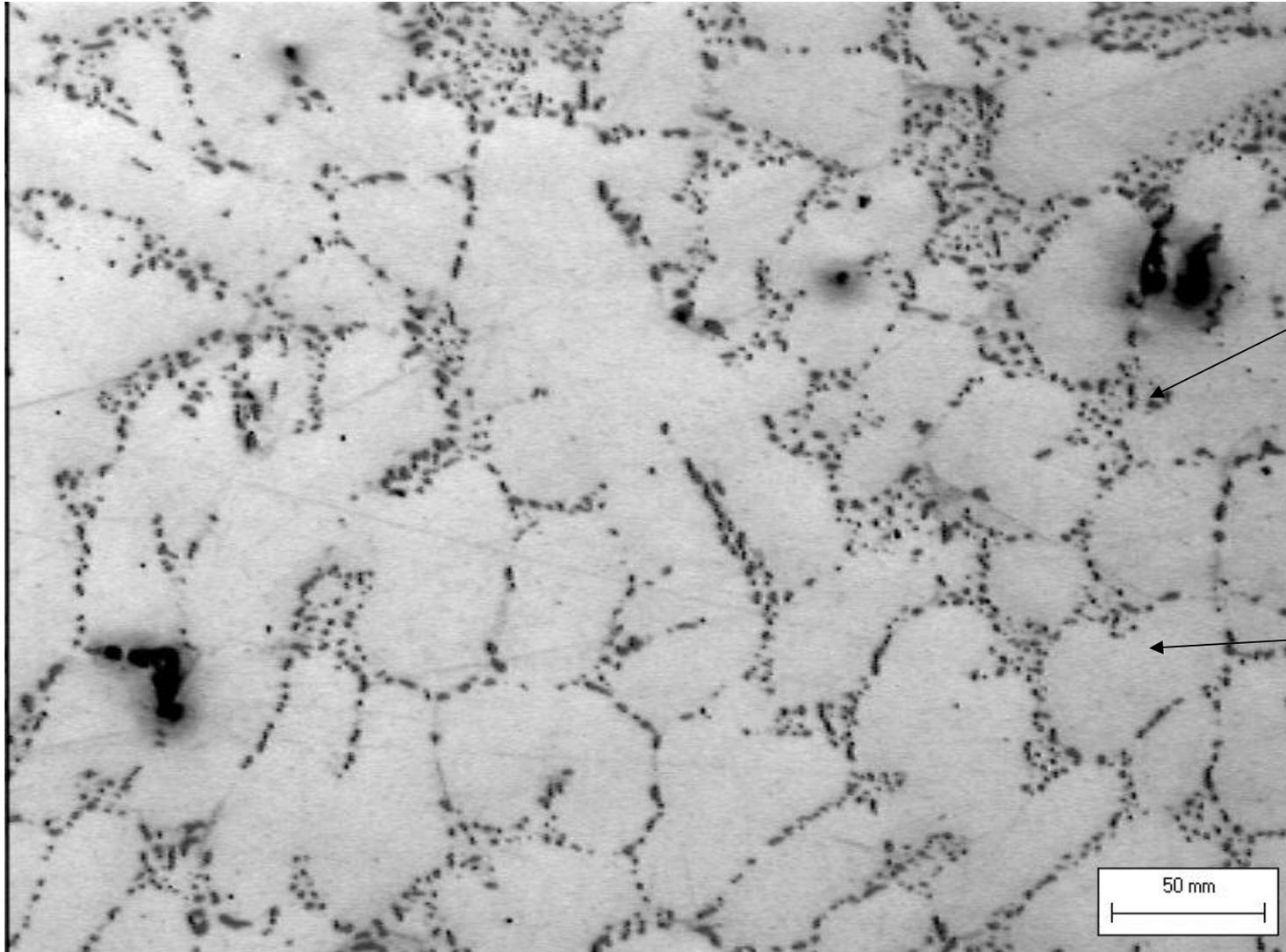
ASPECTOS TECNOLOGICOS



Las propiedades de la aleación tienden a cambiar drásticamente con la aparición de segundas fases. Estas pueden estar aisladas de la fase inicial o formado un constituyente donde ambas fases guardan cierto orden

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



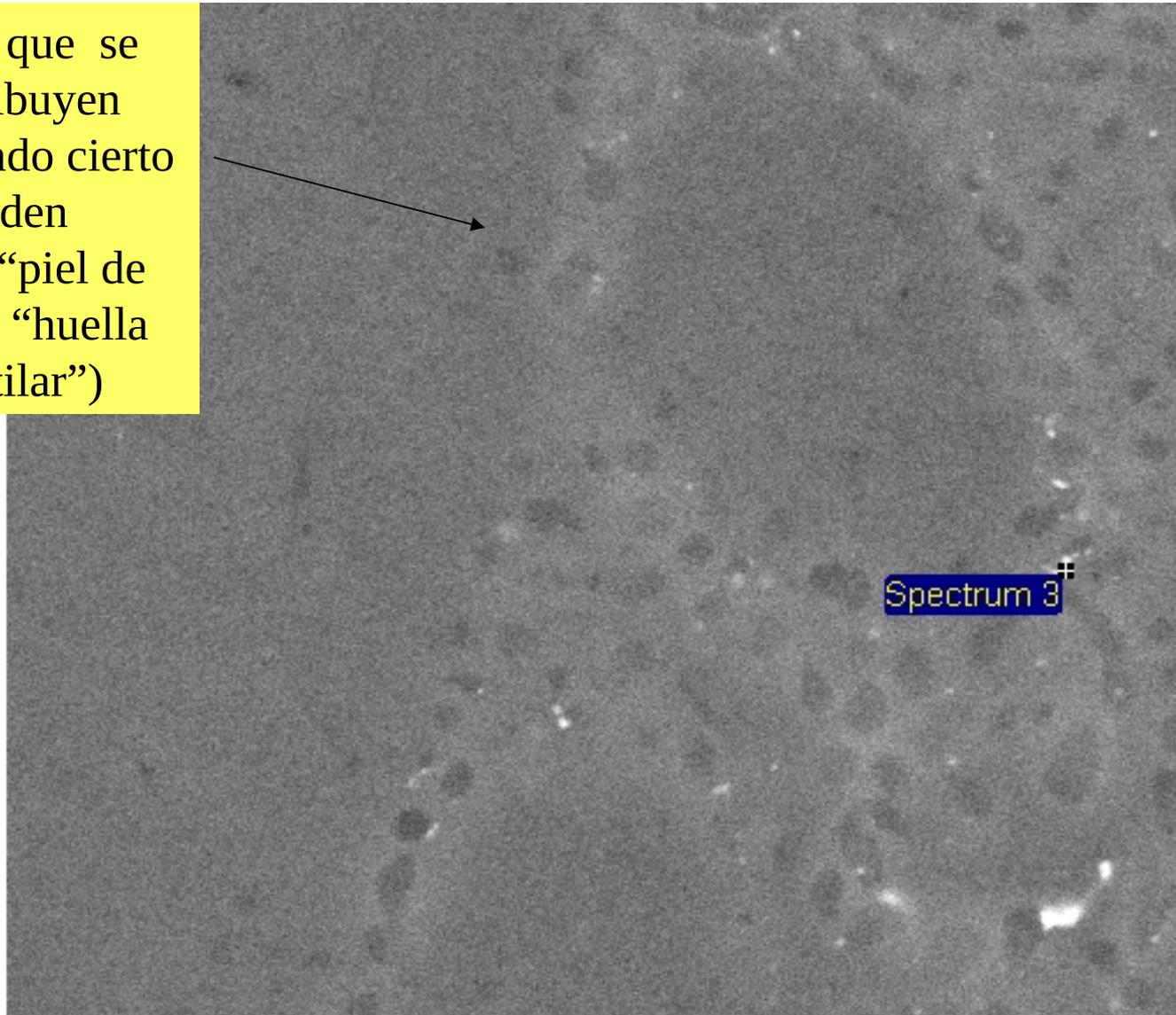
Constituyente
bifásico

Solución
sólida

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Fases que se distribuyen guardando cierto orden (tipo :“piel de tigre”, “huella dactilar”)



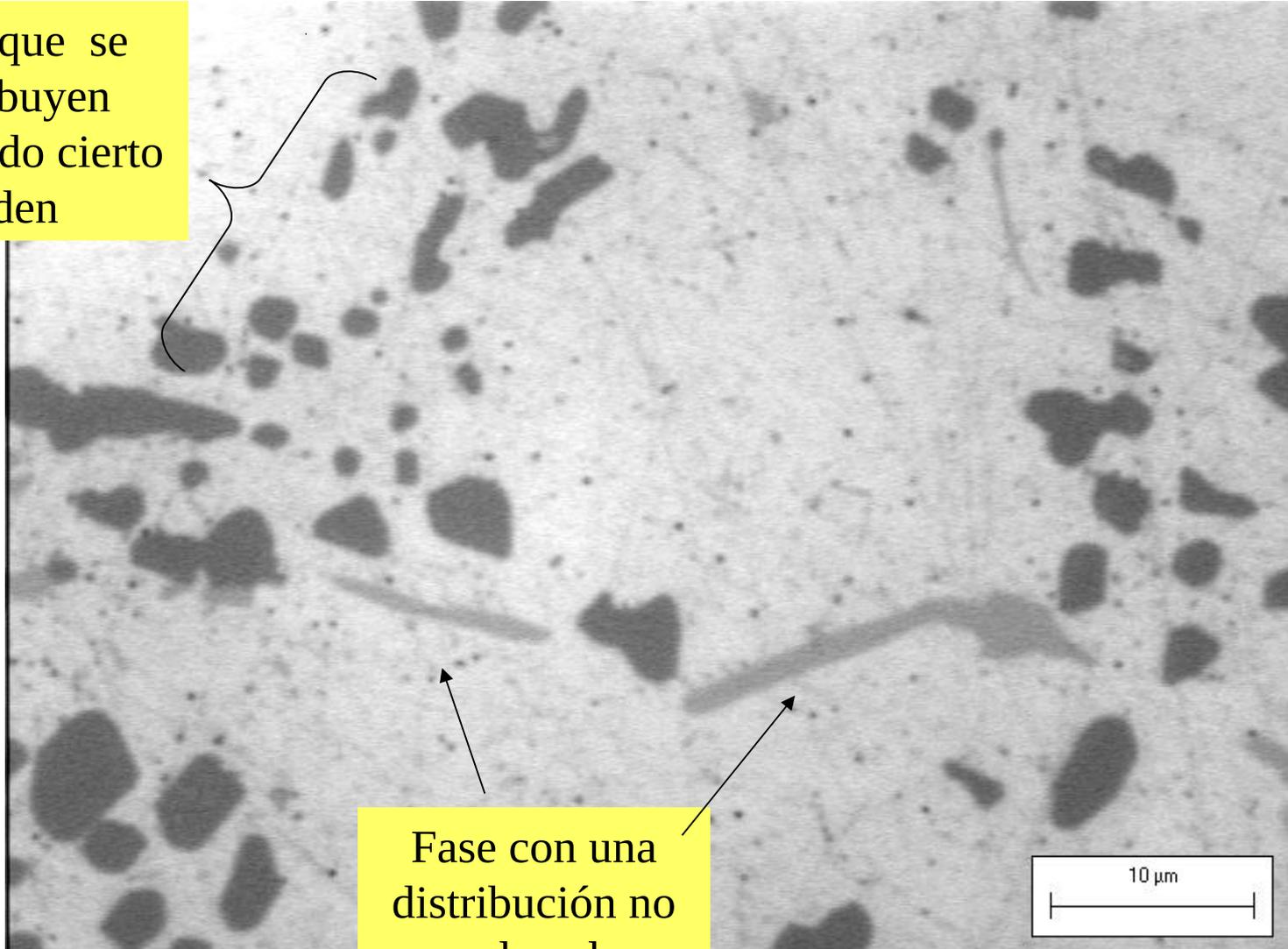
50µm

Electron Image 1

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Fases que se distribuyen guardando cierto orden

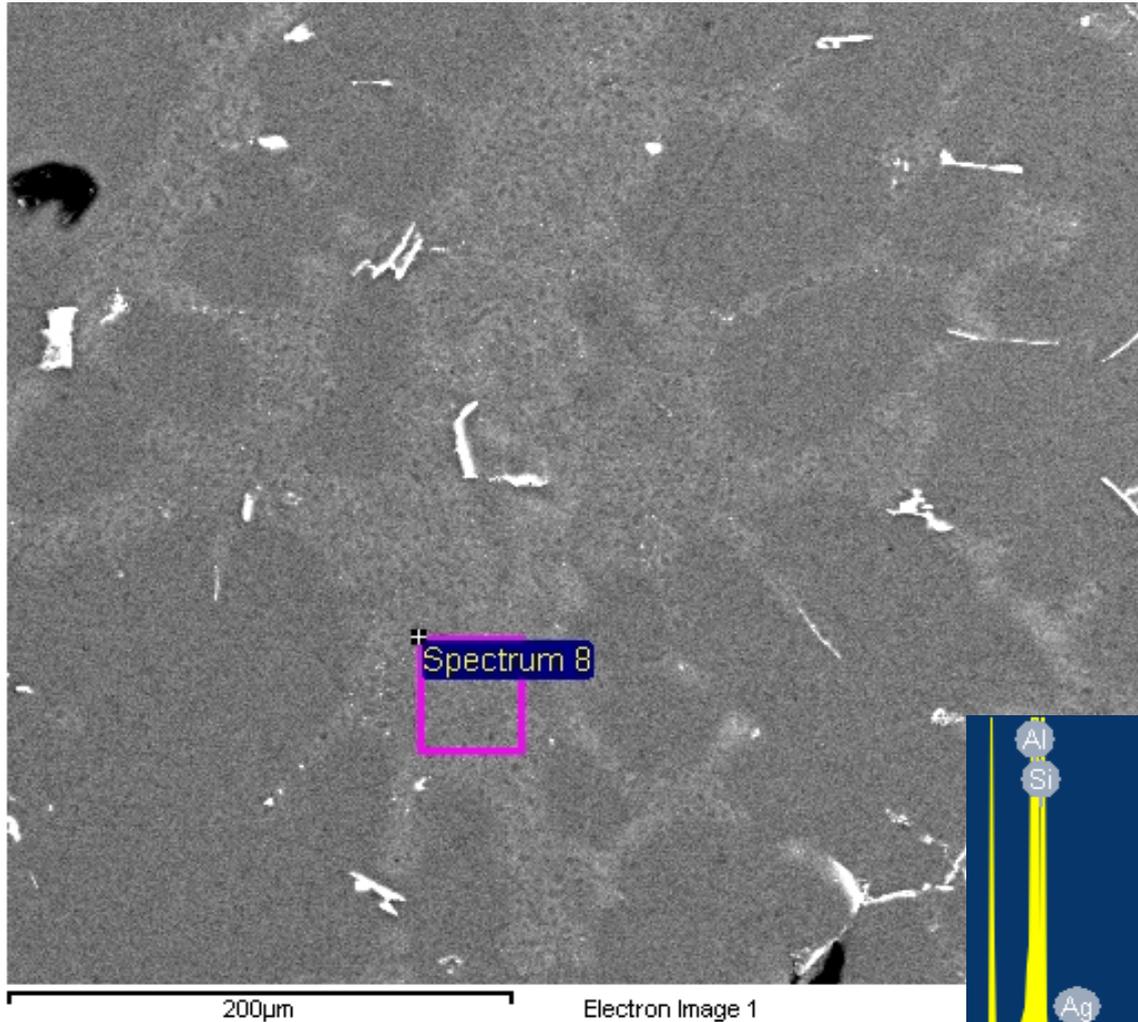


Fase con una distribución no ordenada

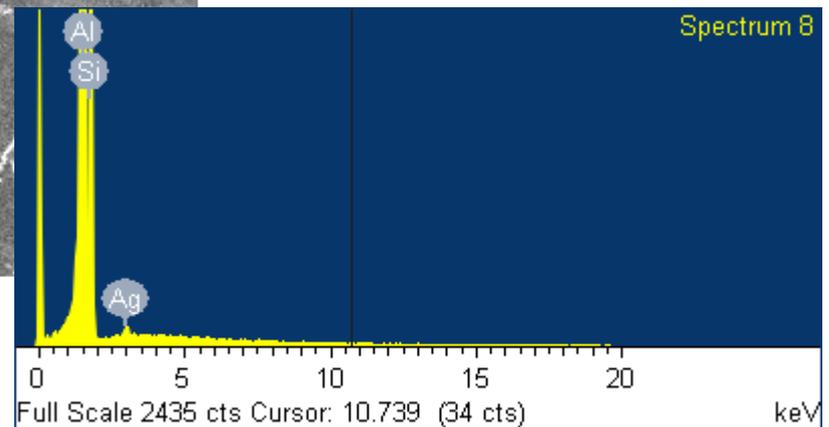
10 μm

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

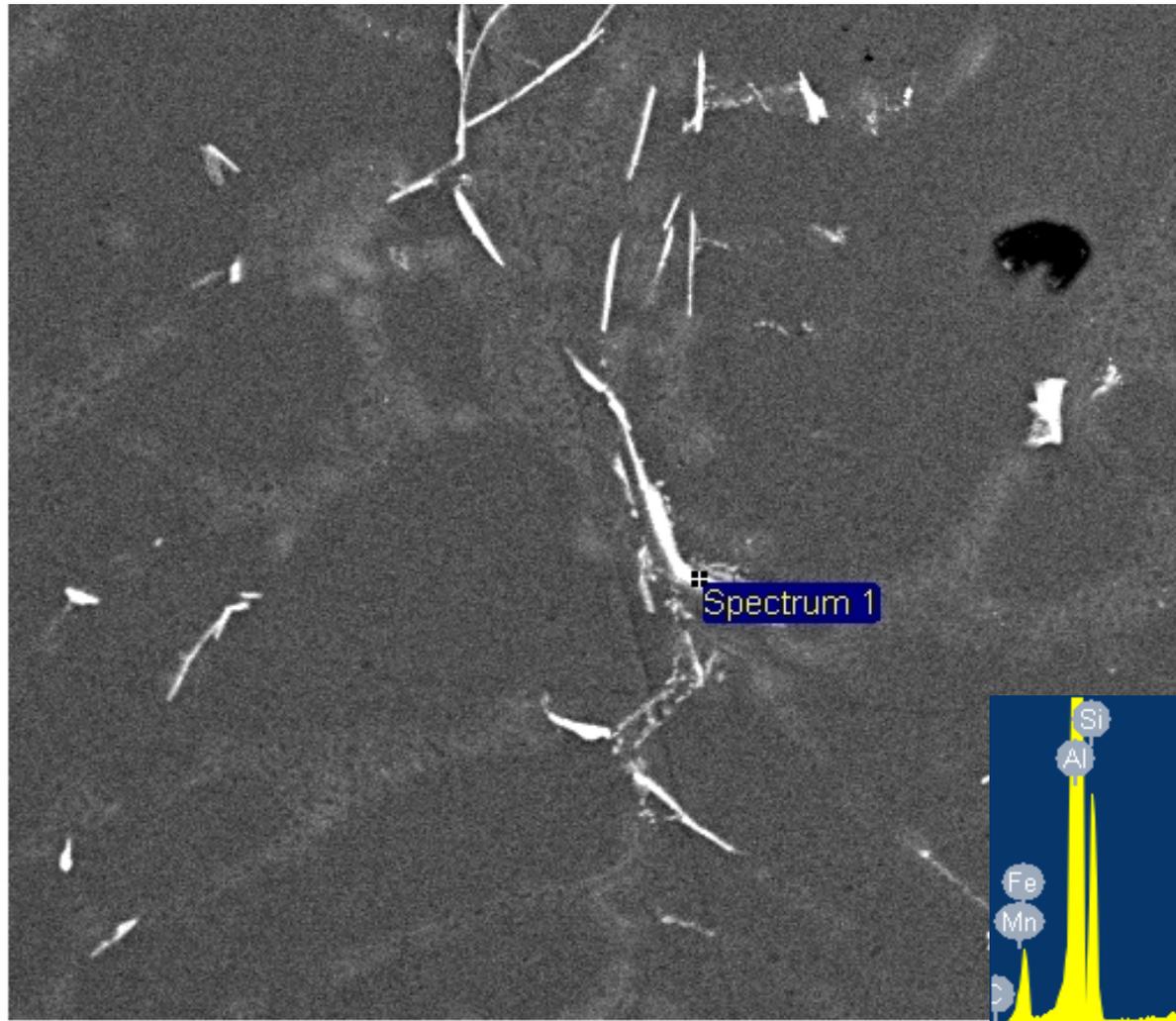


Element	Weight %	Atomic %
Al K	75.14	76.29
Si K	24.11	23.52
Ag L	0.75	0.19
Totals	100.00	



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

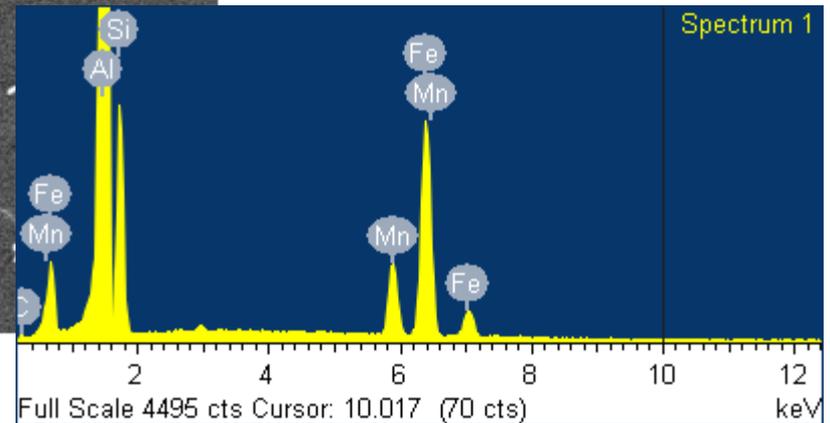


200µm

Electron Image 1

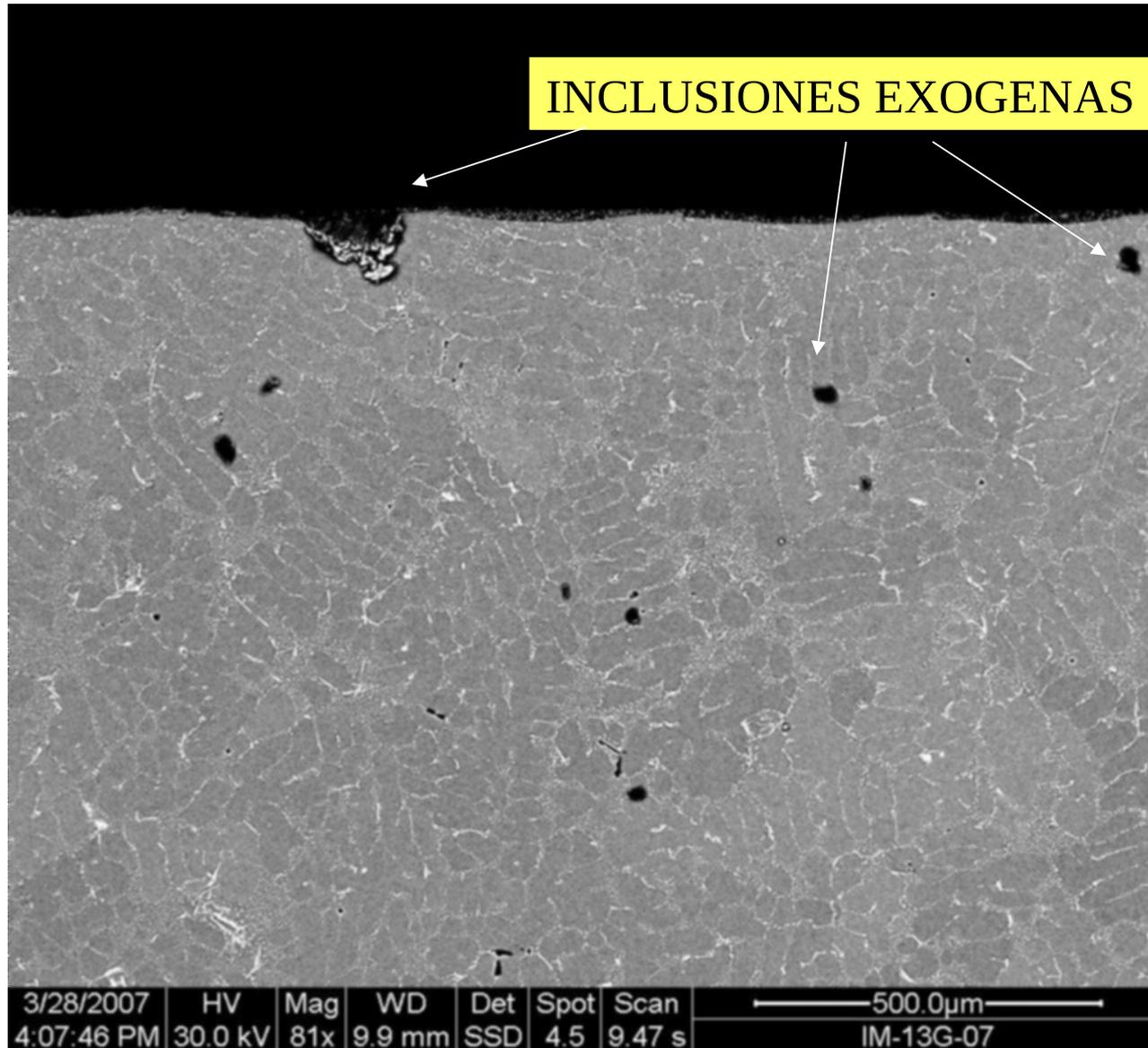
Element	Weight%	Atomic%
C K	3.51	8.28
Al K	65.50	68.76
Si K	14.37	14.50
Mn K	3.89	2.01
Fe K	12.72	6.45
Totals	100.0	

0



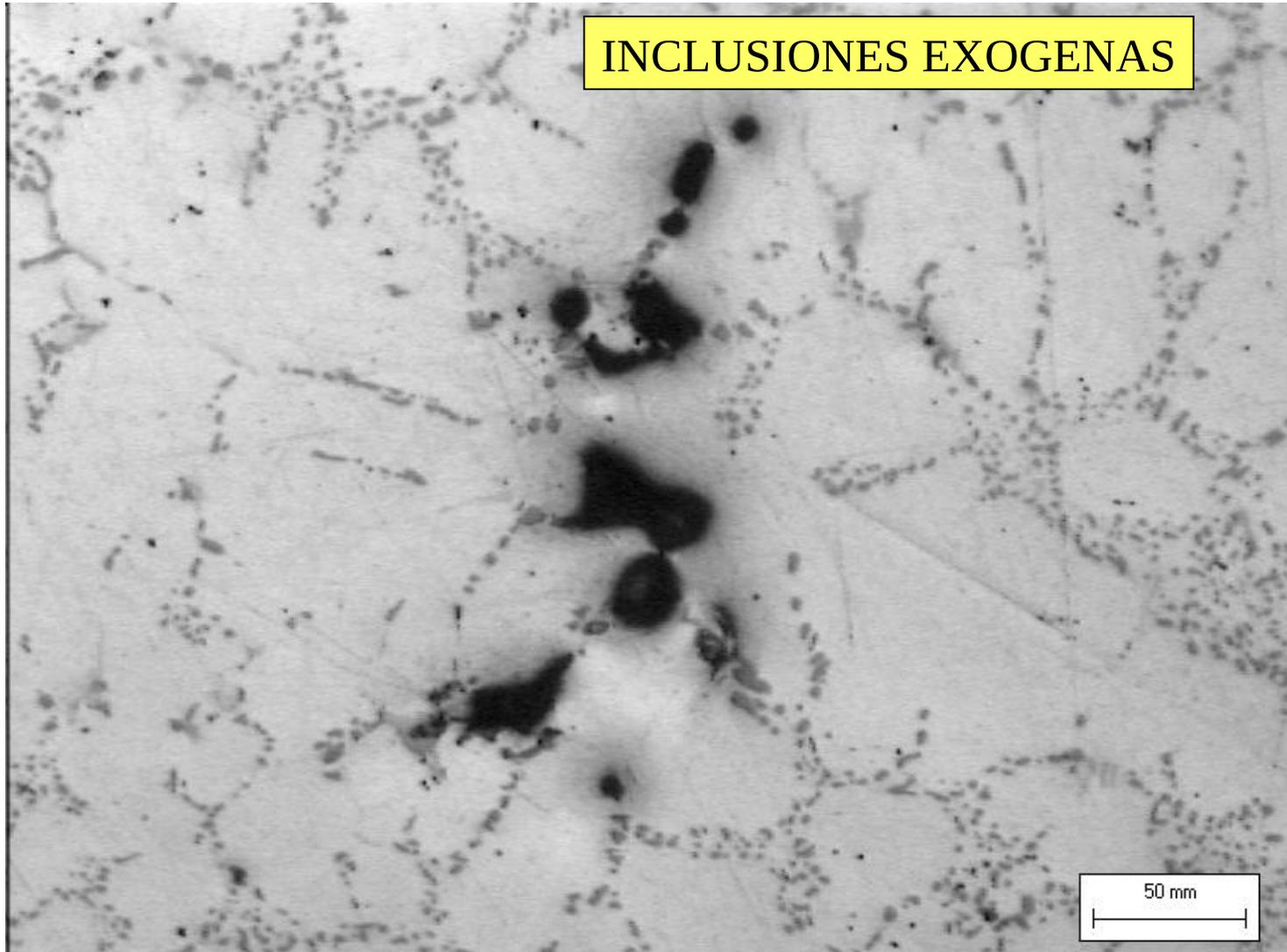
EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



EL ALUMINIO

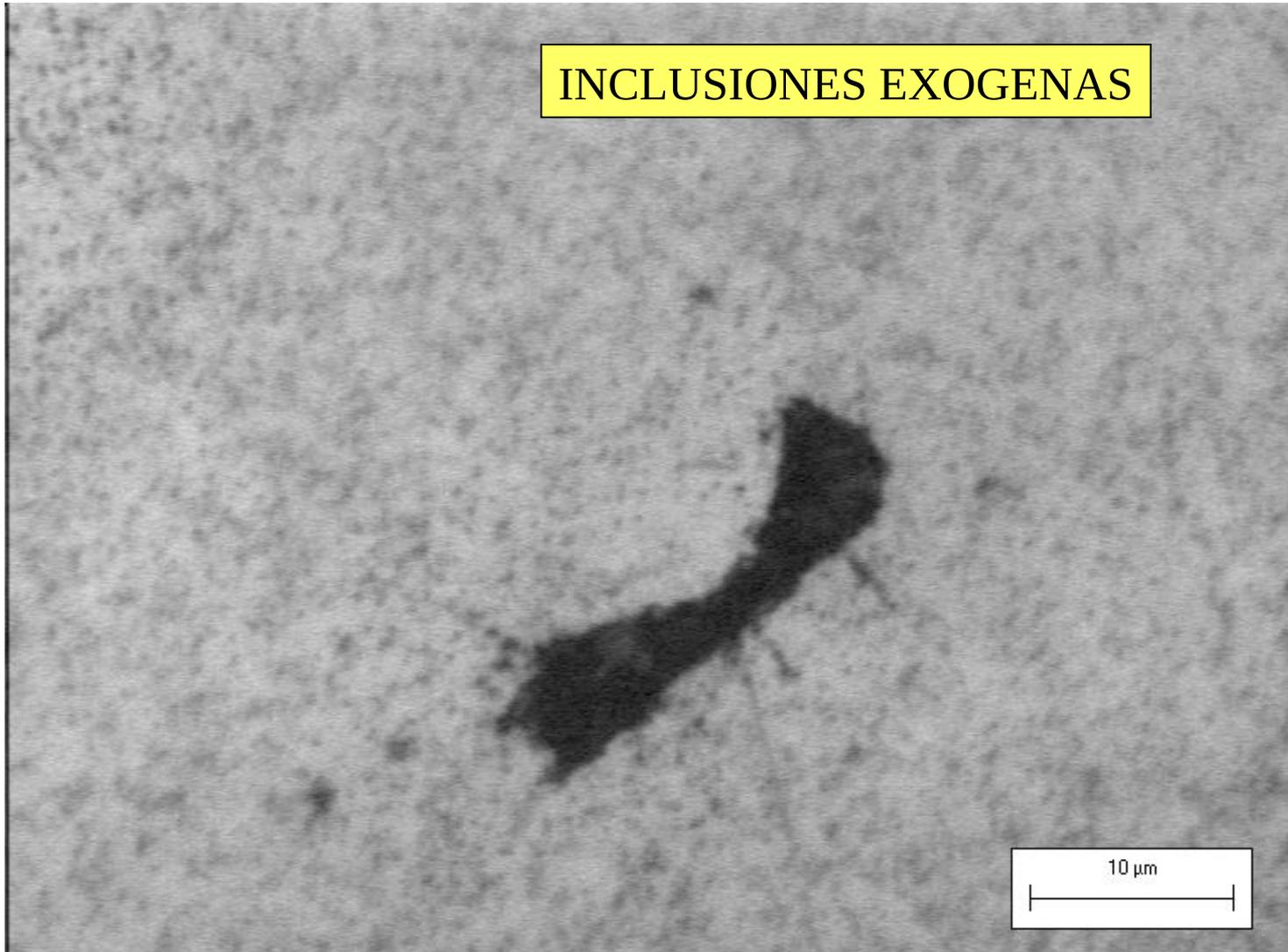
ASPECTOS TECNOLOGICOS



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

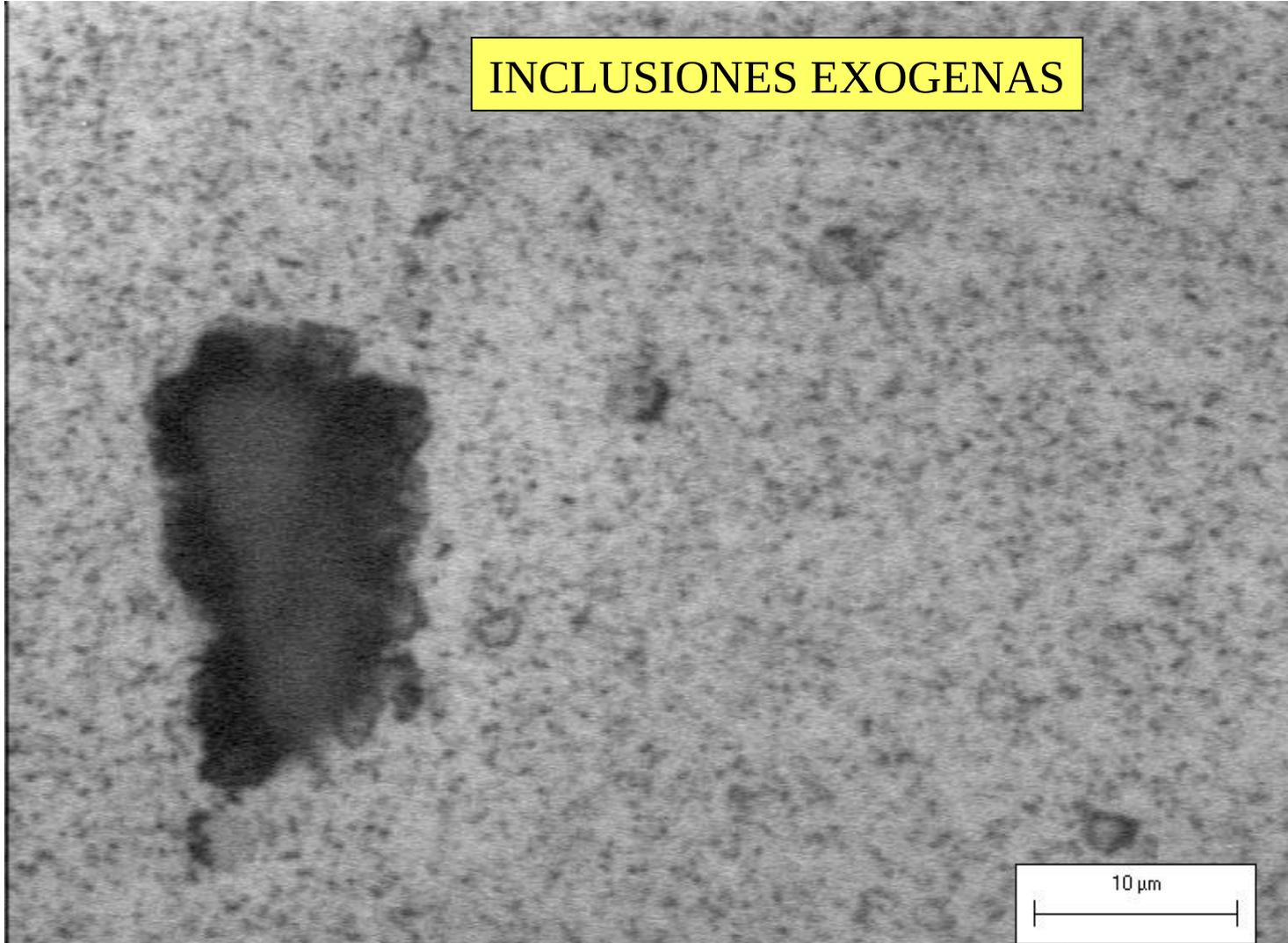
INCLUSIONES EXOGENAS



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

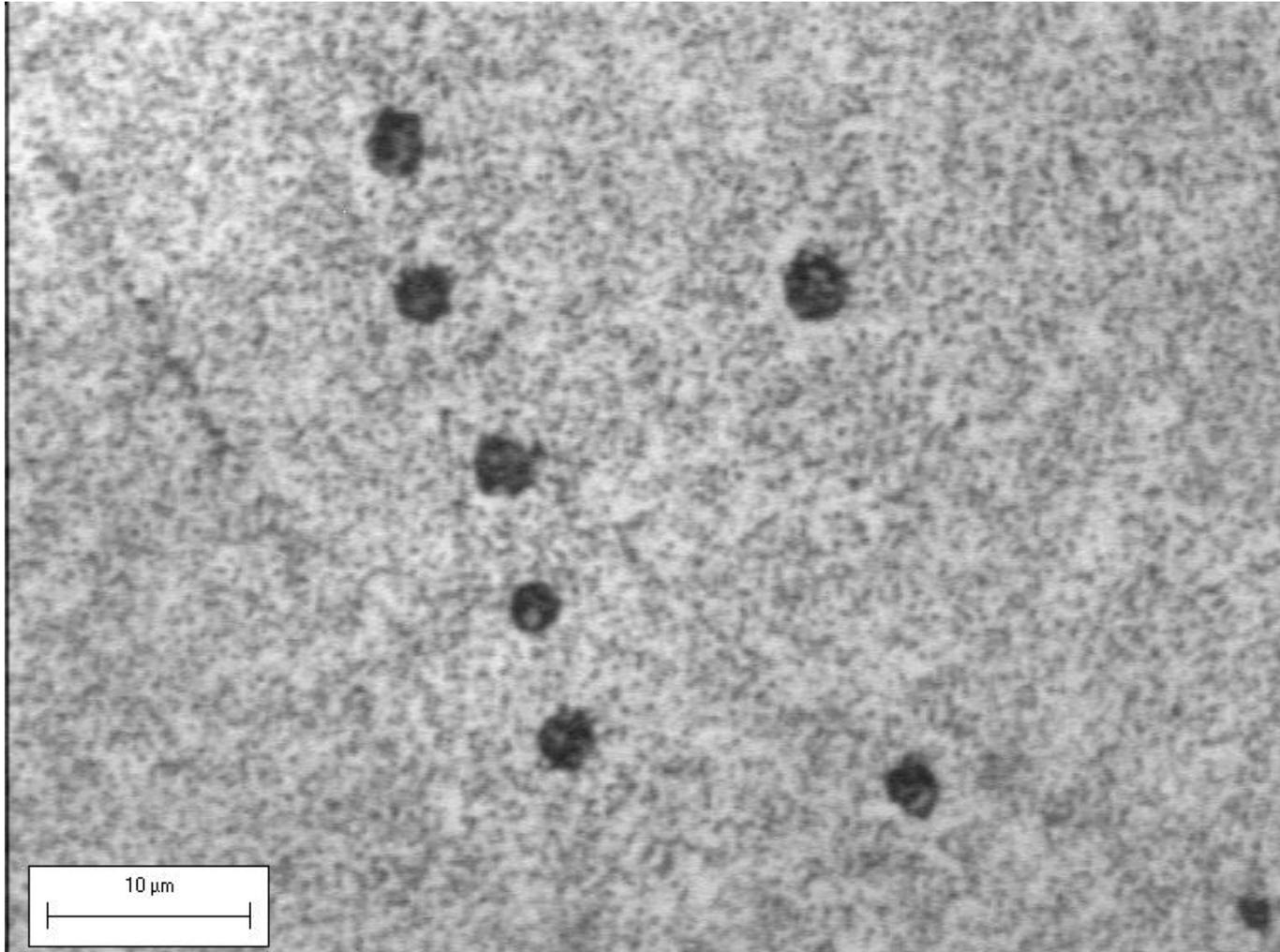
INCLUSIONES EXOGENAS



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

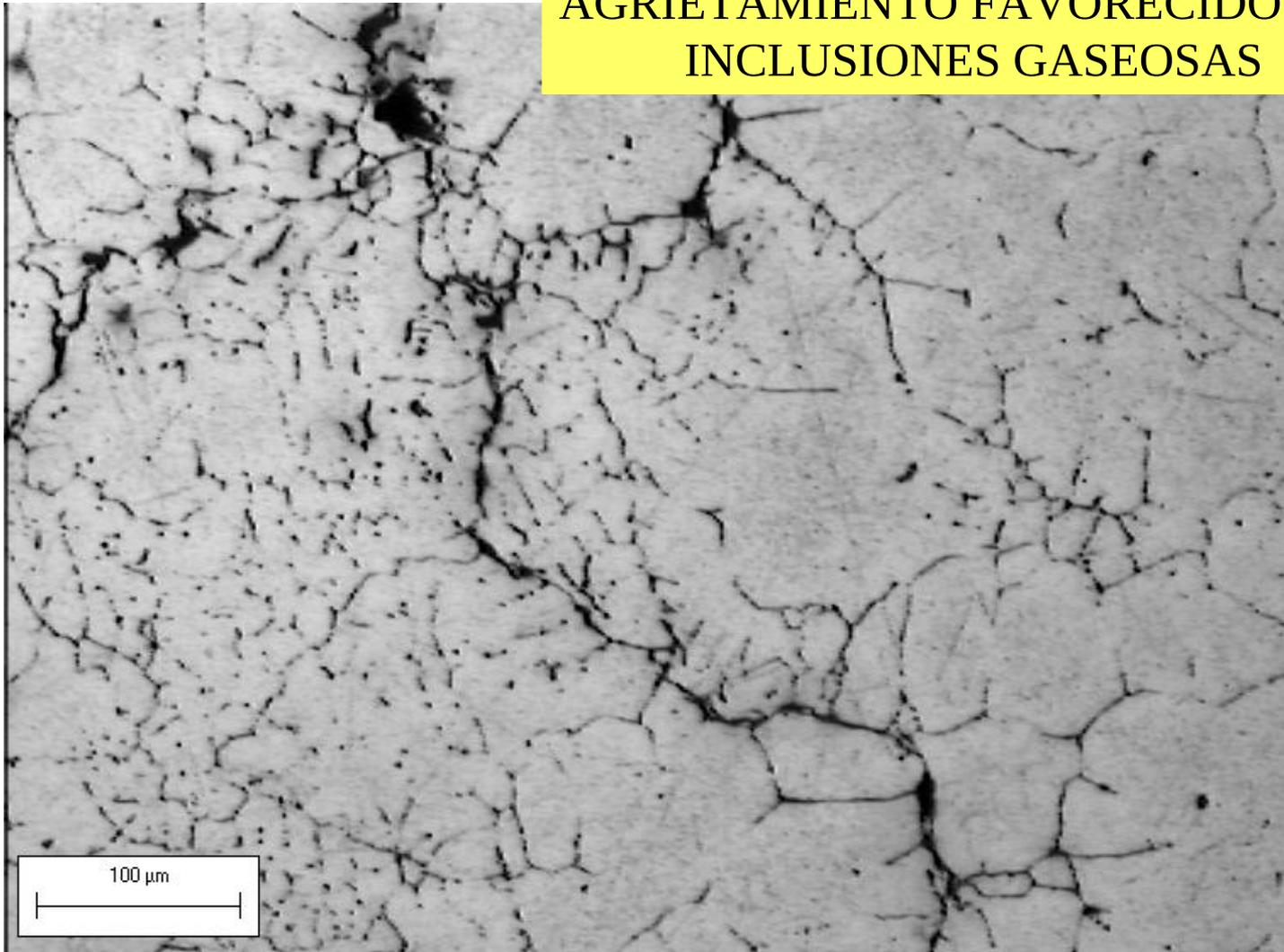
INCLUSIONES GASEOSAS



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

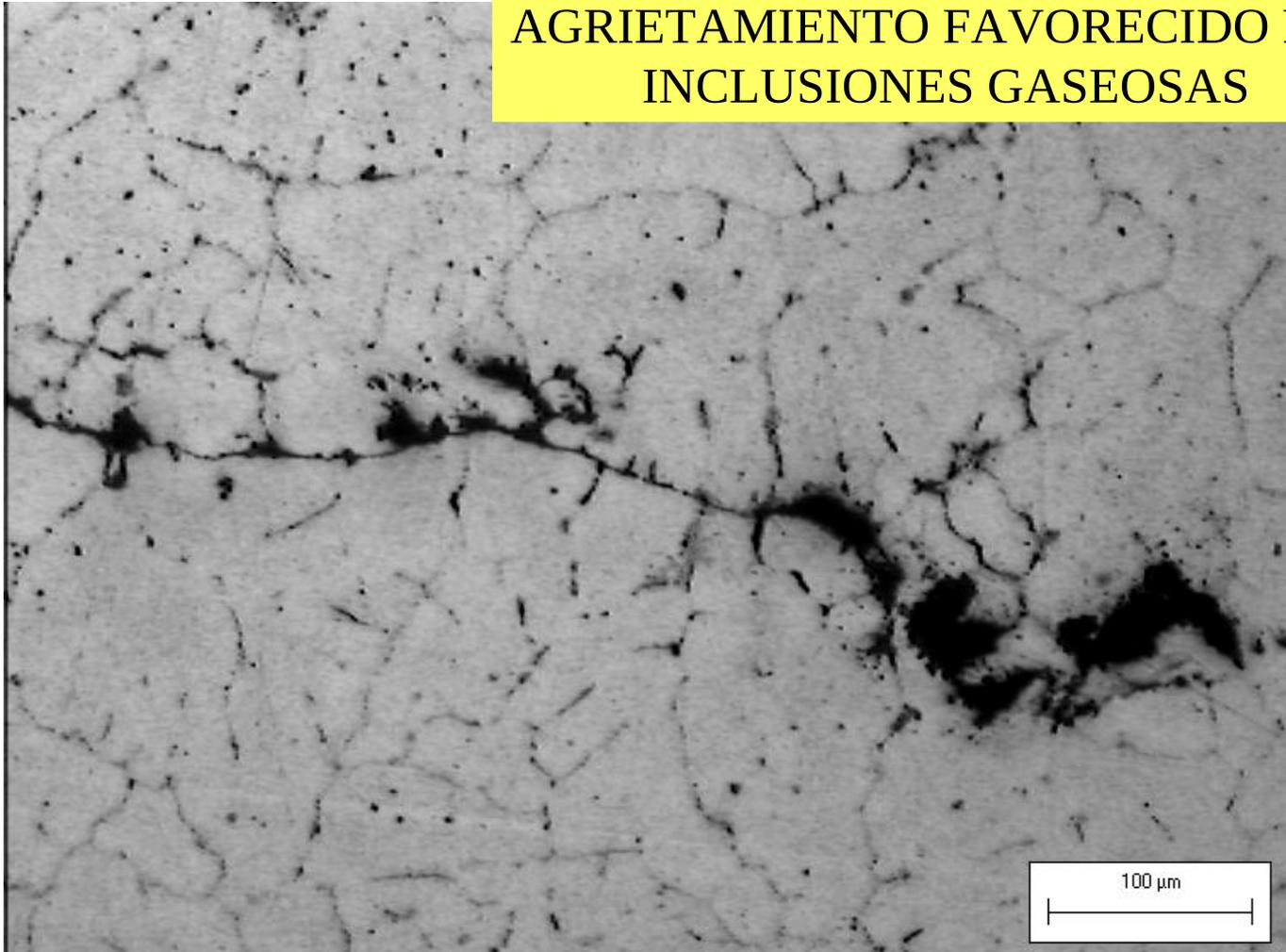
AGRIETAMIENTO FAVORECIDO POR
INCLUSIONES GASEOSAS



EL ALUMINIO

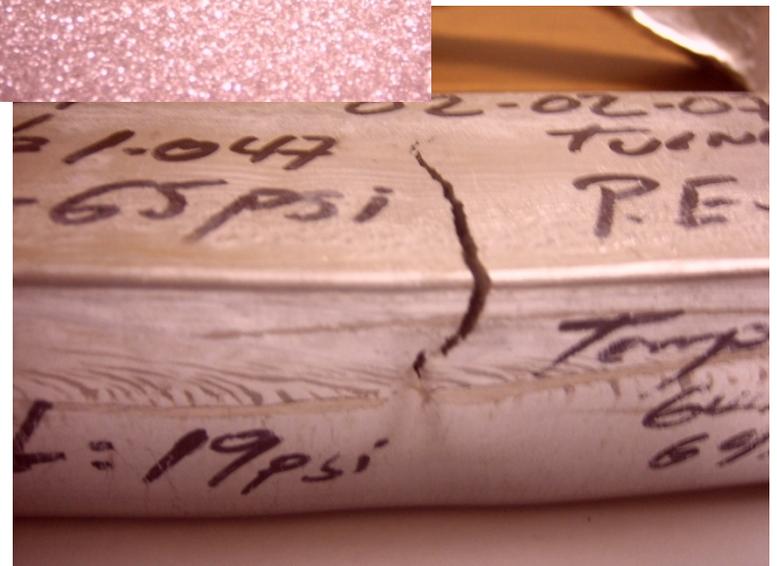
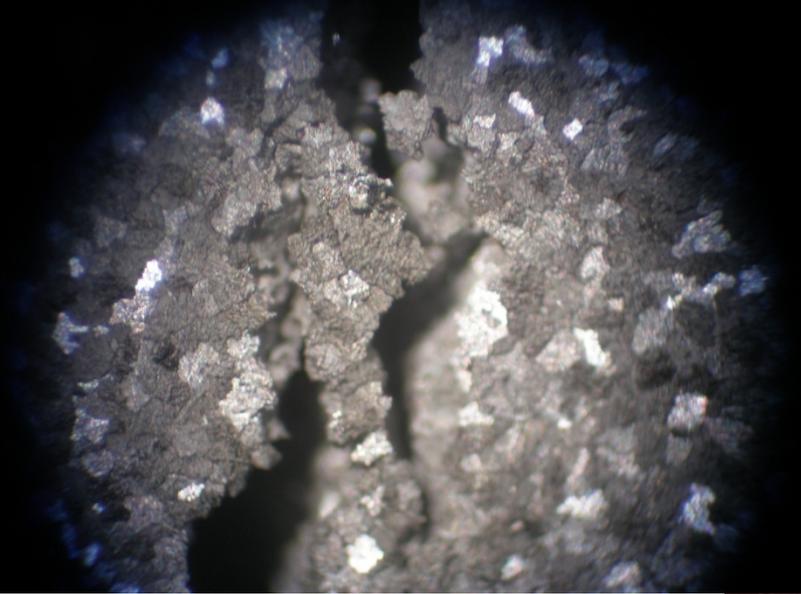
ASPECTOS TECNOLOGICOS

AGRIETAMIENTO FAVORECIDO POR
INCLUSIONES GASEOSAS



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



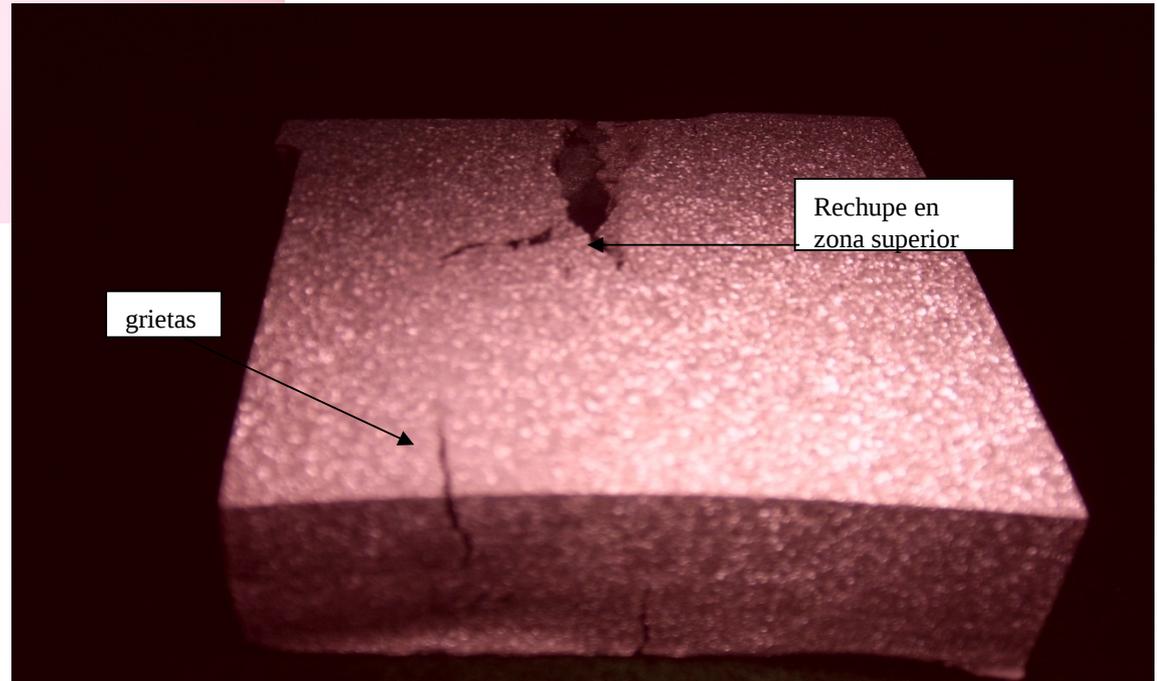
RELACION ENTRE
AGRIETAMIENTO Y
MACRO DEFECTOS

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



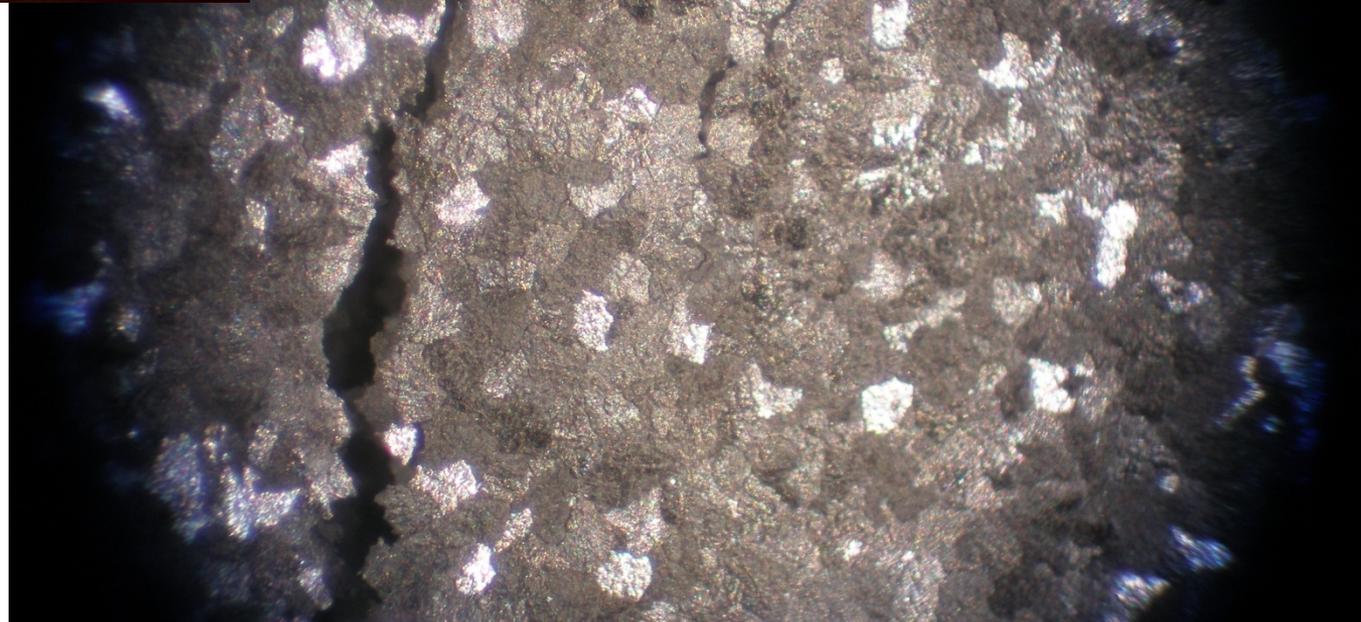
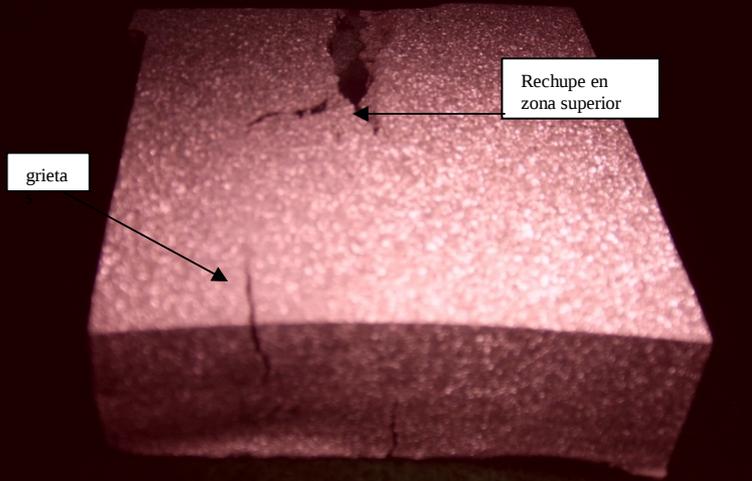
RELACION ENTRE
AGRIETAMIENTO Y
RECHUPE



EL ALUMINIO

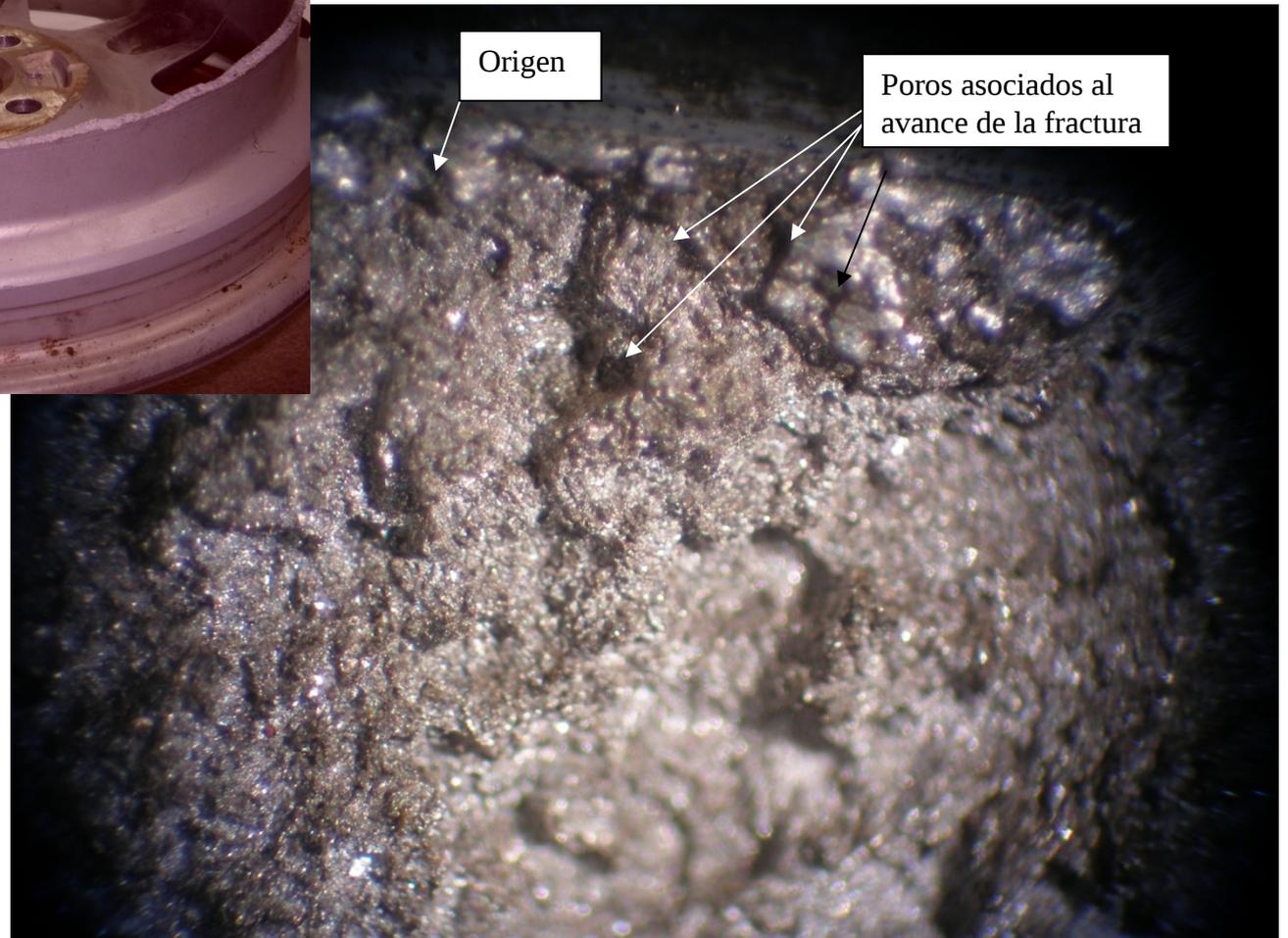
ASPECTOS TECNOLOGICOS

RELACION ENTRE
AGRIETAMIENTO Y
RECHUPE



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

PRINCIPALES FUENTES DE IMPUREZAS EN EL ALUMINIO

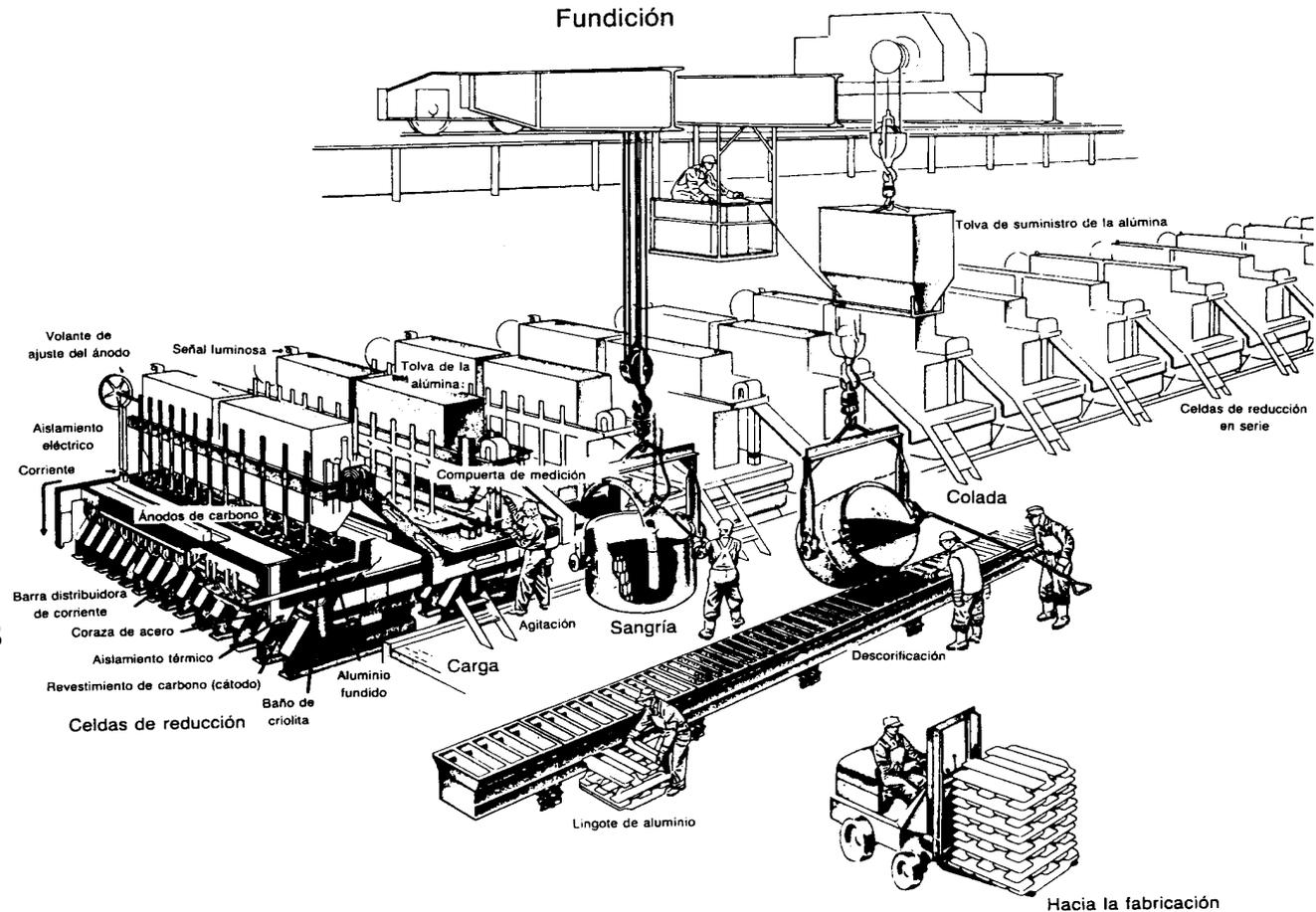
Originadas o provenientes de la celda

Originadas o provenientes del trasegado

Originadas o provenientes de la fundición

Originadas o provenientes de la colada

Originadas de los procesos de solidificación, refusión y/o tratamiento térmico o termomecánico



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

PRINCIPALES FUENTES DE IMPUREZAS EN EL ALUMINIO

Originadas o provenientes
de la celda

Alúmina, silicio, sodio, hierro

Originadas o provenientes
del trasegado

Óxidos, refractario, hidrógeno

Hidrógeno, carburos, escoria. Óxidos,
refractario, polvo de colada, hierro

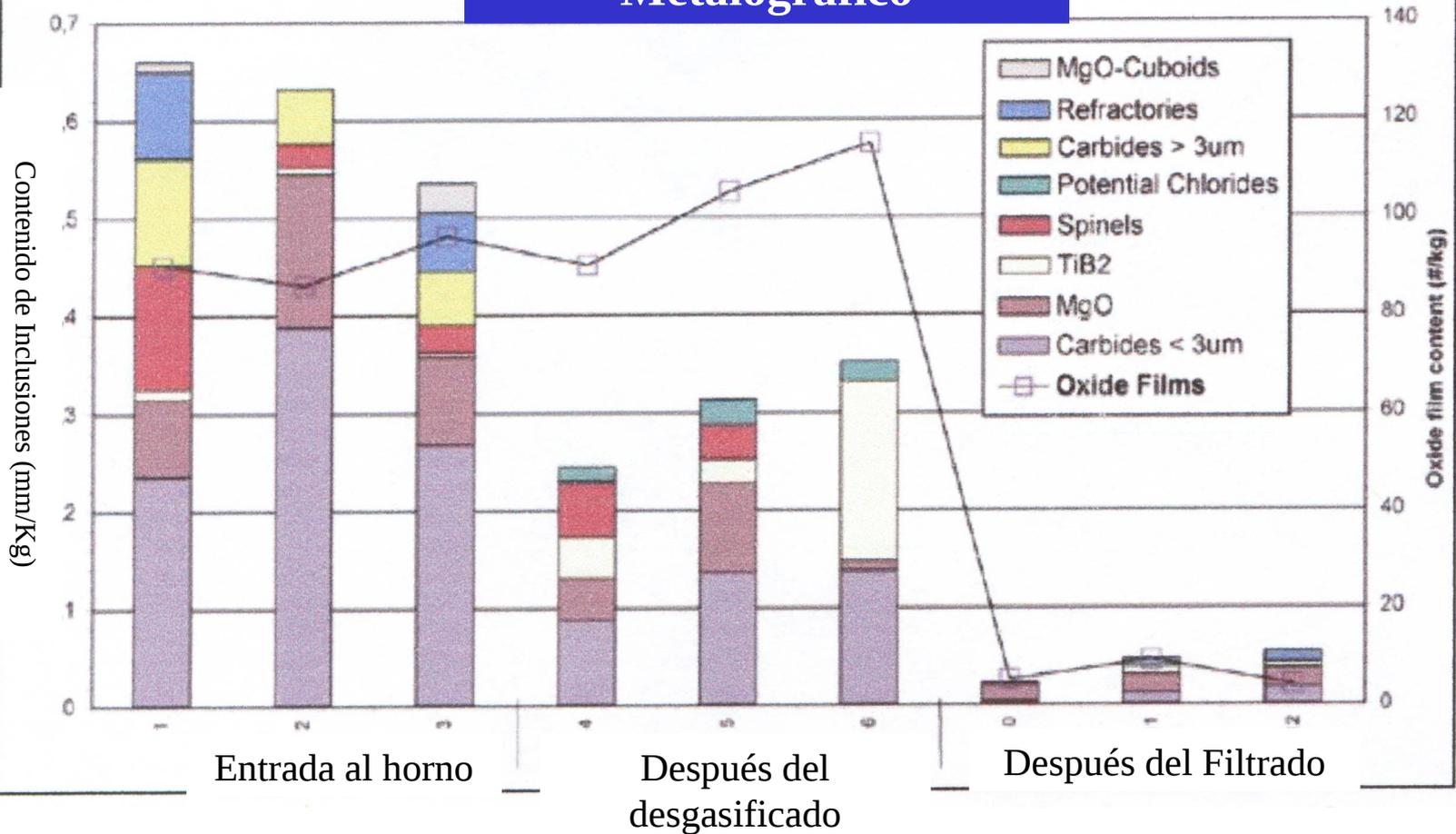
Originadas o provenientes
de la fundición

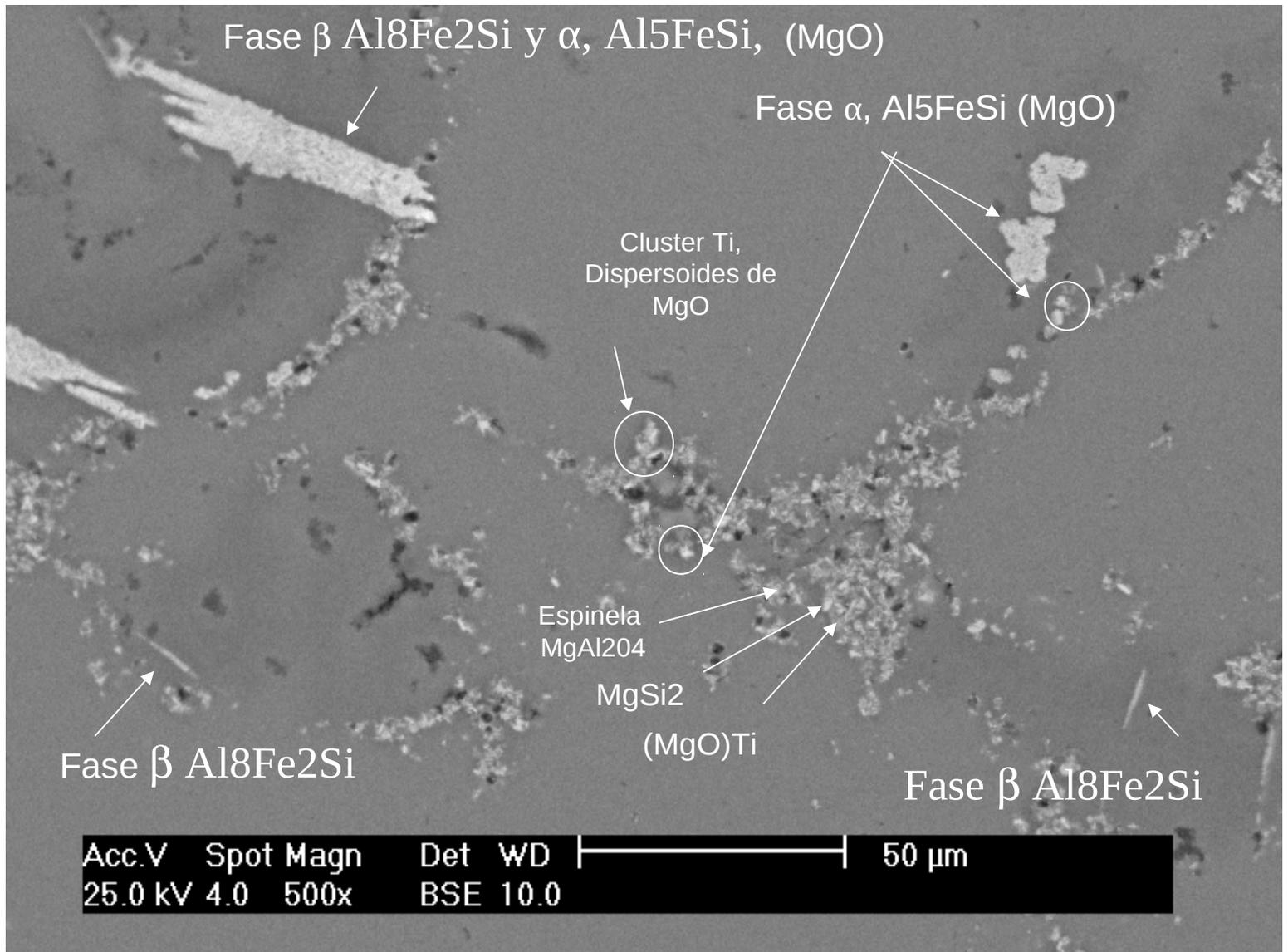
Partículas de segunda fase, precipitados, inclusiones
endógenas y endoexógenas, nitruros, cloruros

Originadas o provenientes
de la colada

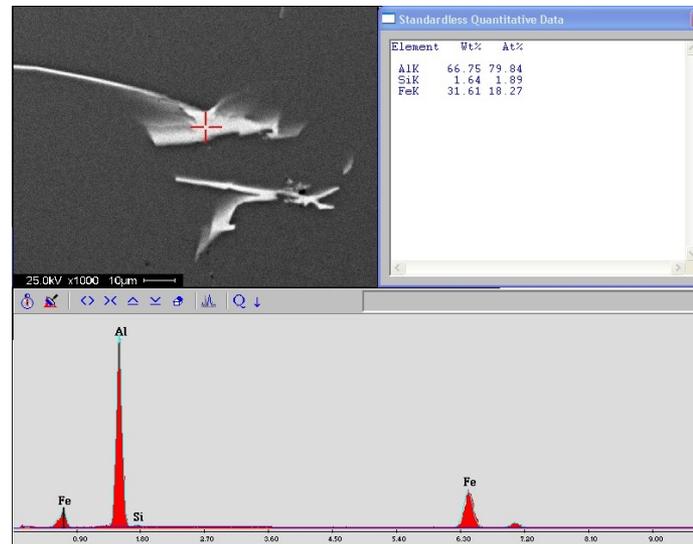
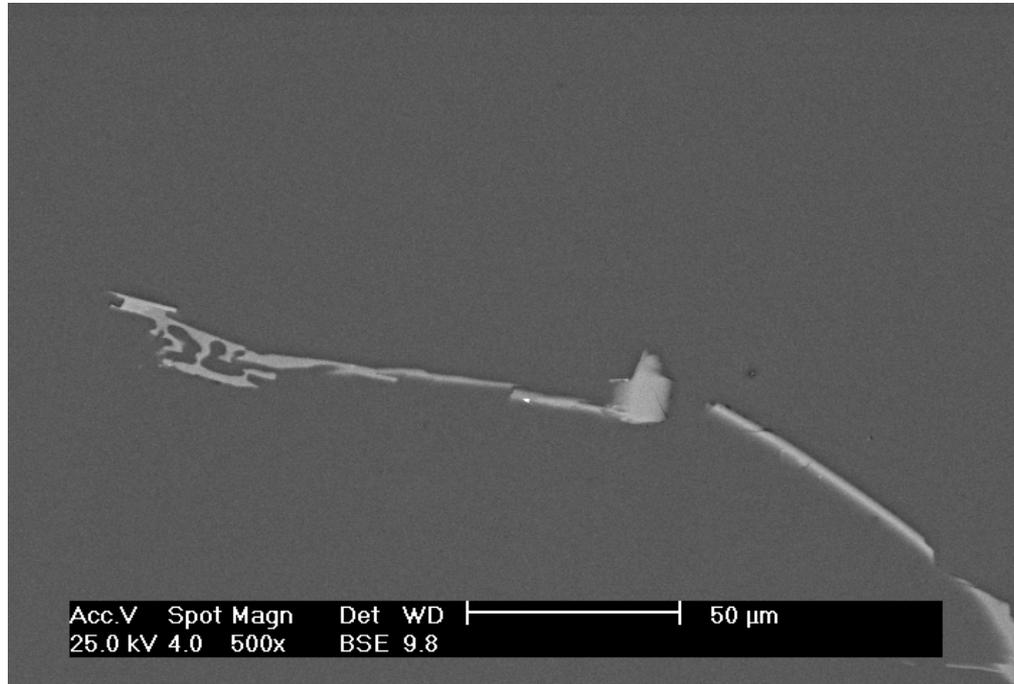
Originadas de los procesos de
solidificación, refusión y/o
tratamiento térmico o
termomecánico

Resultados de Análisis Metalográfico

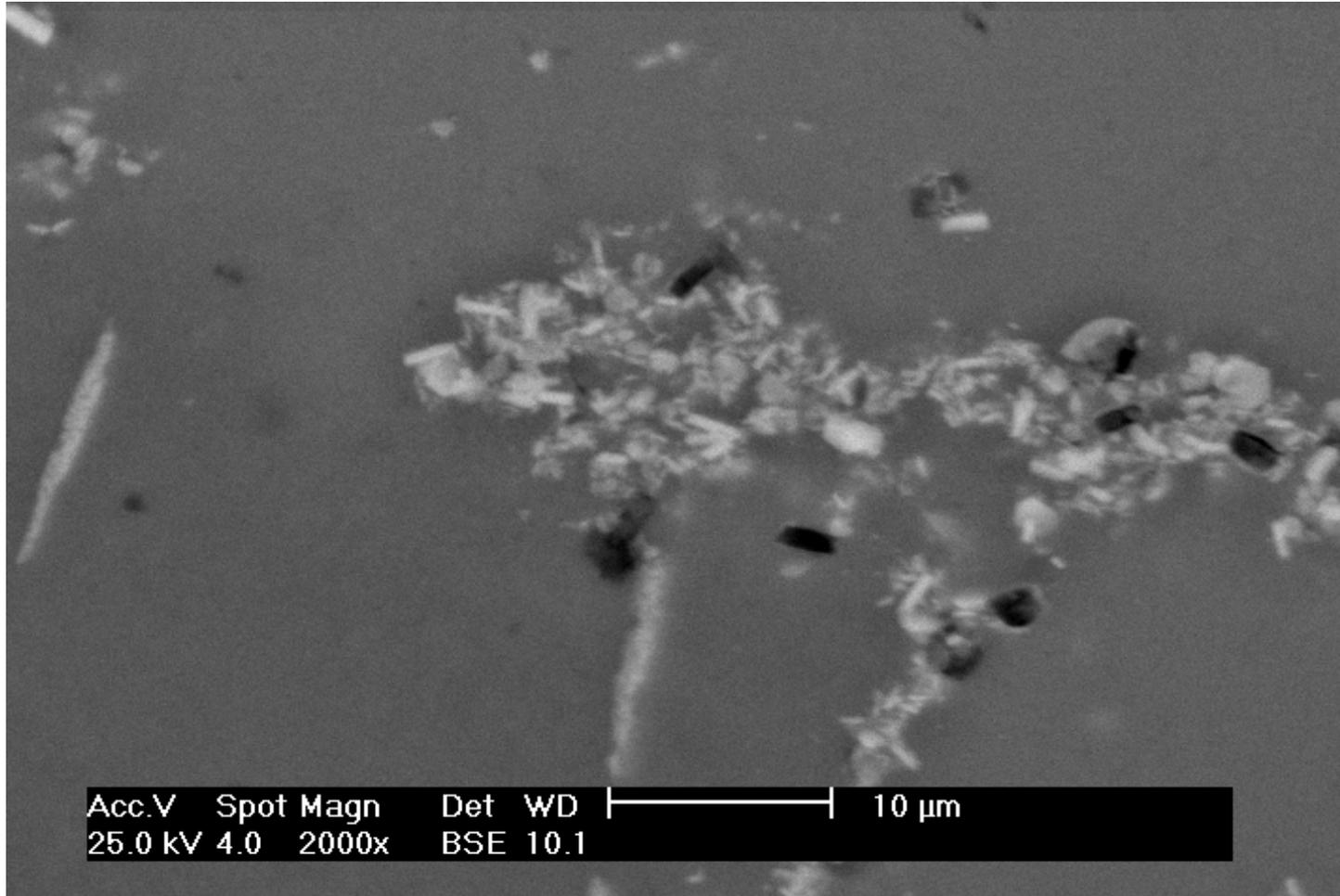




Intermetálico–Fase Al₈Fe₂Si β



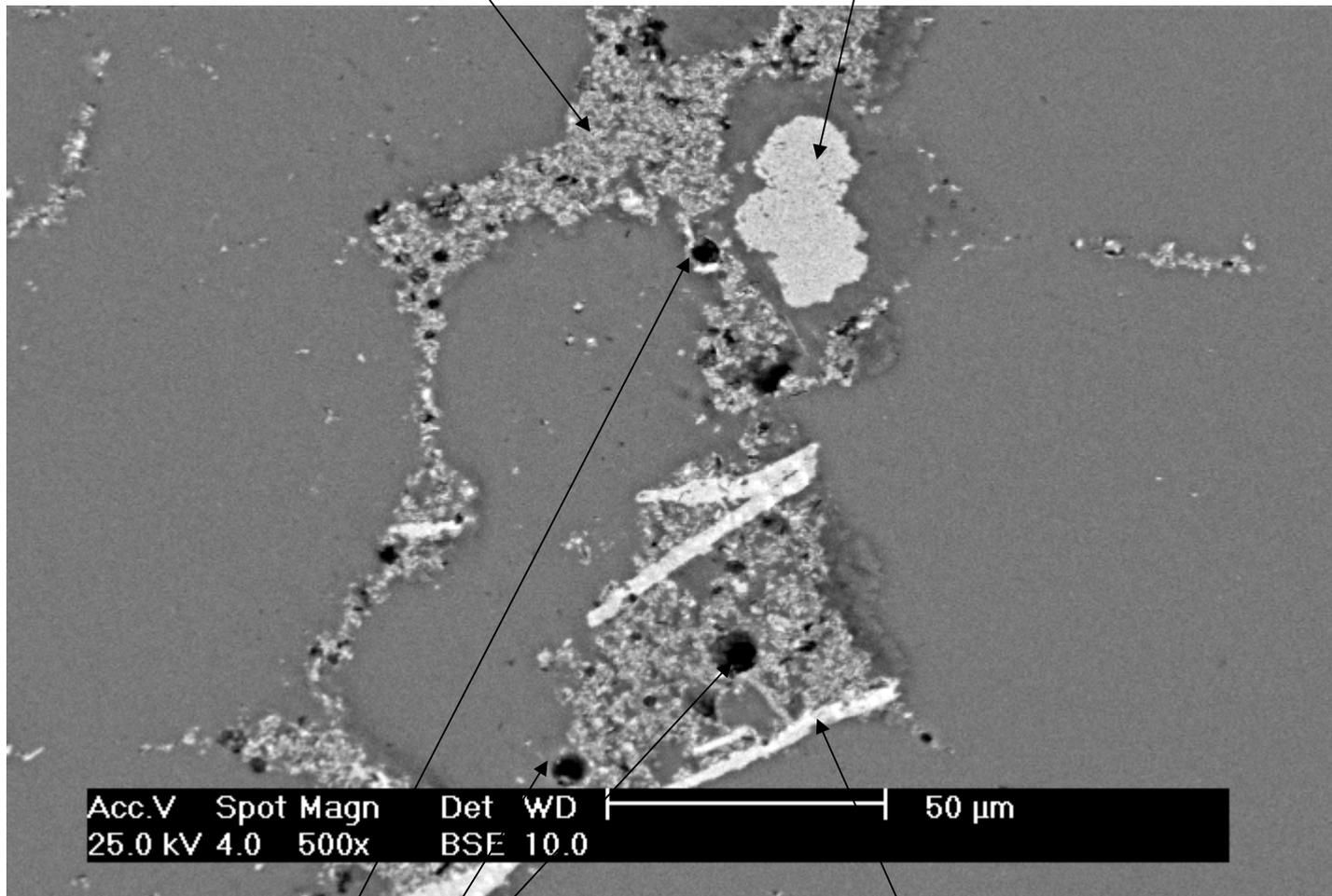
Espinela $MgAl_2O_4$
Dispersoides de MgO



Espinela MgAl₂O₄
Dispersoides de MgO

Intermetálico–Fase α
Al₅FeSi

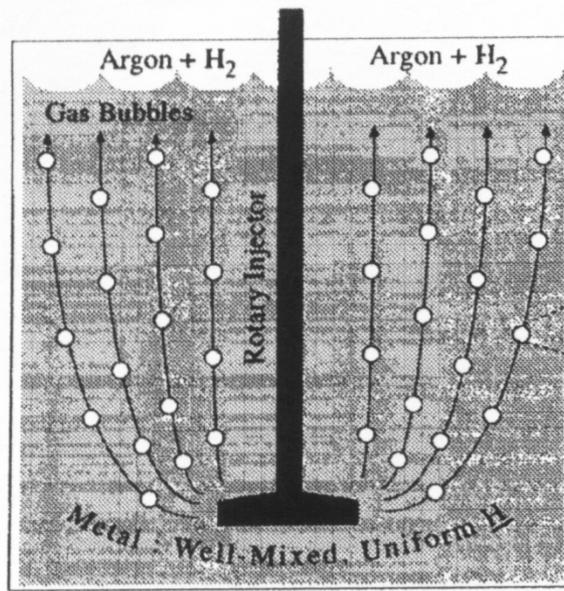
INTERSEGREGACIONES



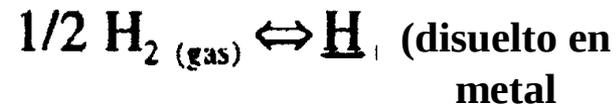
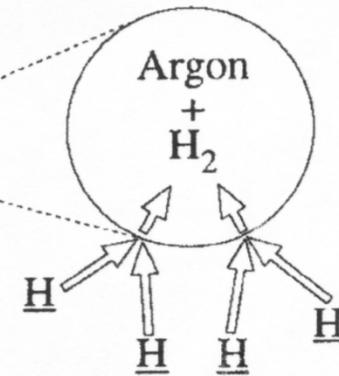
Inclusiones
gaseosas de H

Cluster de Ti

(Desgasificador en línea)



(Difusión hacia la burbuja de gas)



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Clasificación de las aleaciones de aluminio

La clasificación del aluminio y sus aleaciones se divide en dos grandes grupos bien diferenciados, estos dos grupos son: **forja y fundición**. Esta división se debe a los diferentes procesos de conformado que puede sufrir el aluminio y sus aleaciones.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Clasificación de las aleaciones de aluminio

Aleaciones de Al para Forja

DESIGNACIÓN	ALEANTE
-------------	---------

Cifras	Principal(es) elemento(s) de aleación
1XXX	Ninguno ($\geq 99,00\%$ Al)
2XXX	Cu
3XXX	Mn
4XXX	Si
5XXX	Mg
6XXX	Mg y Si
7XXX	Zn
8XXX	Otros elementos

FUENTE: Datos de *Metals Handbook*, 9th Ed., Vol. 2, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1979.

Aleaciones de Al para Fundición

ALEANTE	DESIGNACIÓN
---------	-------------

Aluminio, 99,00 por 100 mínimo y mayor	1xx.x
Aleaciones de aluminio agrupadas por elementos aleantes principales:	
Cobre	2xx.x
Silicio, con adición de cobre y/o magnesio	3xx.x
Silicio	4xx.x
Magnesio	5xx.x
Cinc	7xx.x
Estaño	8xx.x
Otros elementos	9xx.x
Series sin emplear	6xx.x

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Clasificación de las aleaciones de aluminio

Dentro del grupo de aleaciones de aluminio forjado encontramos otra división clara, que es la del grupo de las **tratables térmicamente** y las **no tratables térmicamente**. Las no tratables térmicamente solo pueden ser trabajadas en frío con el fin de aumentar su resistencia.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Clasificación de las aleaciones de aluminio

Aleaciones de Aluminio deformables que no endurecen por Tratamiento térmico	Monofásicas	3XXX 5XXX	5XX .X
Aleaciones de Aluminio deformables que se endurecen por Tratamiento térmico	Bifásicas	2XXX 6XXX, 7XXX	2XX .X
Aleaciones de Aluminio de fundición	Bifásicas	4XXX	4XX .X
Aleaciones de Aluminio Sinterizadas	Mezclas Mecánicas		

EL ALUMINIO

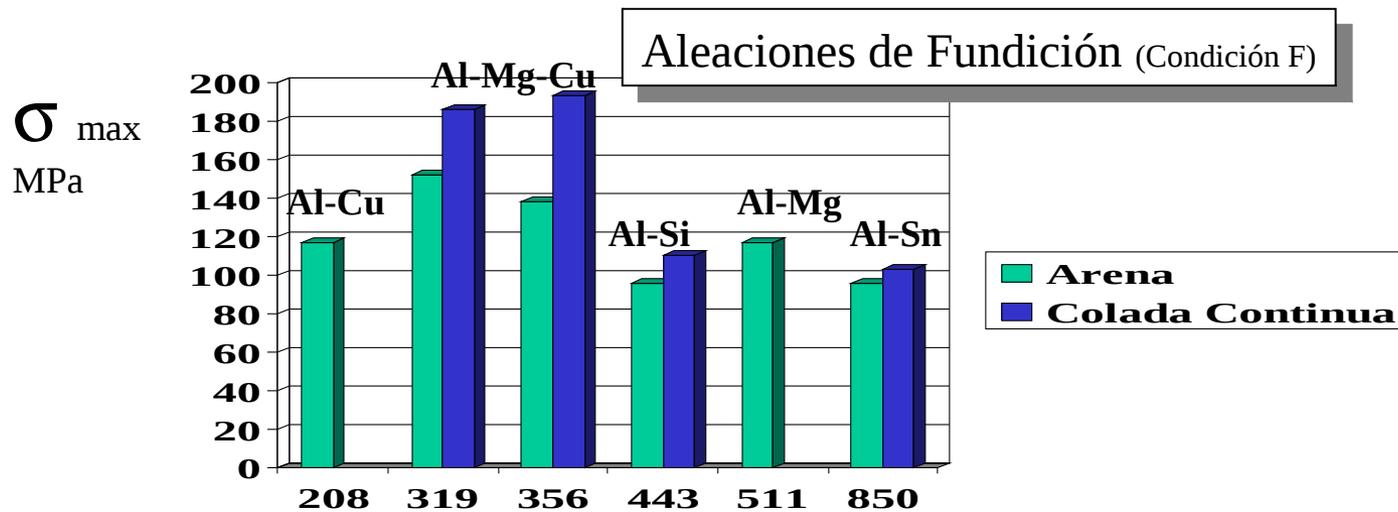
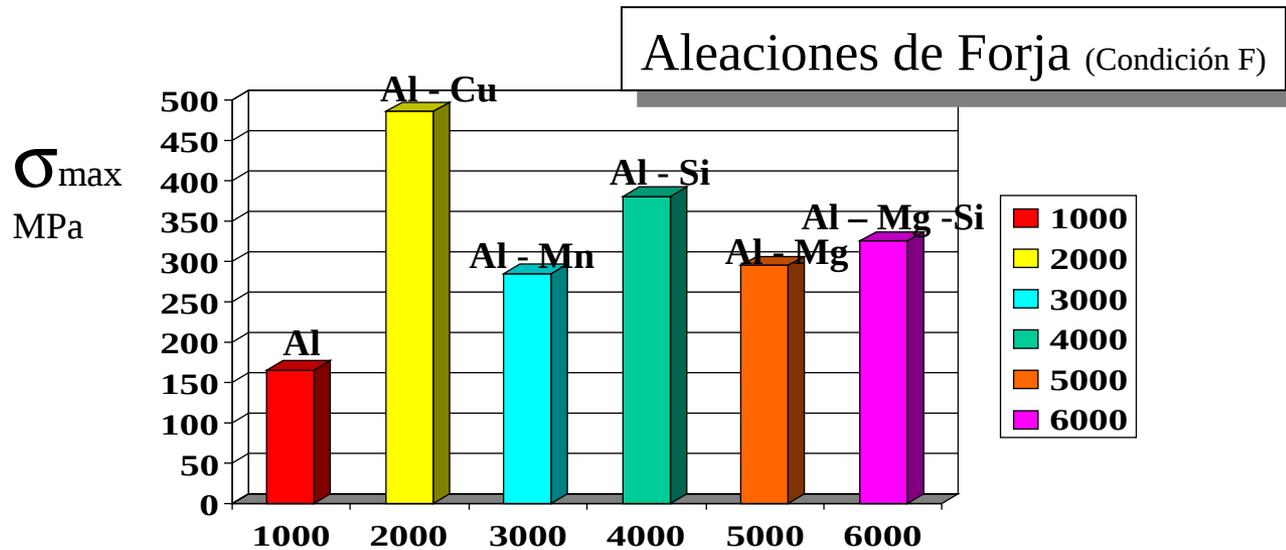
ASPECTOS TECNOLOGICOS

Clasificación de las aleaciones de aluminio

Estado de tratamiento	Definición
F	Según fabricación
O	Recocido
H1	Endurecimiento por acritud solamente
H2	Endurecimiento por acritud y recocido parcial
H3	Endurecimiento por acritud y estabilización (propiedades mecánicas estabilizadas mediante tratamiento térmico a baja temperatura)
T1	Enfriamiento desde proceso de conformado a temperatura elevada y maduración natural hasta una condición básicamente estable
T2	Enfriamiento desde un proceso de conformado a alta temperatura, acritud y maduración natural hasta una condición básicamente estable
T3	Tratamiento térmico de solución, acritud, y maduración natural hasta una condición básicamente estable
T4	Tratamiento térmico de solución y maduración natural hasta una situación básicamente estable
T5	Enfriamiento desde un proceso de conformado a alta temperatura y maduración artificial
T6	Tratamiento térmico de solución y maduración artificial
T7	Tratamiento térmico de solución y estabilización
T8	Tratamiento térmico de solución, acritud y maduración artificial
T9	Tratamiento térmico de solución, maduración artificial y acritud
T10	Enfriamiento desde un proceso de conformado a alta temperatura, acritud y maduración artificial

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS



Propiedades Tipo de Aleaciones de Al para Forja

Número AISI-SAE de aleación*	Composición química, % peso†	Tratamiento‡	Resistencia a la tensión		Esfuerzo de fluencia		Elonga- ción, (%)	Aplicaciones típicas
			ksi	MPa	ksi	MPa		
Aleaciones para forja								
1100	99,0 min Al, 0,12 Cu	Recocido (-O)	13	89 (av)	3,5	24 (av)	25	Trabajo de laminación del metal
		Semi-endurecido (-H14)	18	124 (av)	14	97 (av)	4	
3003	1,2 Mn	Recocido (-O)	17	117 (av)	5	34 (av)	23	Recipientes a presión, equipamiento químico, trabajo de laminación del metal
		Semi-endurecido (-H14)	23	159 (av)	23	159 (av)	17	
5052	2,5 Mg, 0,25 Cr	Recocido (-O)	28	193 (av)	9,5	65 (av)	18	Camiones, autobuses, usos en marina, tubos hidráulicos
		Semi-endurecido (-H34)	38	262 (av)	26	179 (av)	4	
2024	4,4 Cu, 1,5 Mg, 0,6 Mn	Recocido (-O)	32	220 (máx)	14	97 (máx)	12	Estructuras de aviones
		Tratamiento térmico (-T6)	64	442 (mín)	50	345 (mín)	5	
6061	1,0 Mg, 0,6 Si, 0,27 Cu, 0,2 Cr	Recocido (-O)	22	152 (máx)	12	82 (máx)	16	Camiones y estructuras marinas, tuberías, carriles
		Tratamiento térmico (-T6)	42	290 (mín)	35	241 (mín)	10	
7075	5,6 Zn, 2,5 Mg, 1,6 Cu, 0,23 Cr	Recocido (-O)	40	276 (máx)	21	145 (máx)	10	Aviones y otras estructuras
		Tratamiento térmico (-T6)	73	504 (mín)	62	428 (mín)	8	
Aleaciones para fundición								
355,0	5 Si, 1,2 Cu,	Fundición en área (-T6)	32	220 (mín)	20	138 (mín)	2,0	Bombas domésticas, accesorios de aviones, cárter de aviones
		Molde permanente (-T6)	37	285 (mín)	1,5	
356,0	7 Si, 0,3 Mg	Fundición en área (-T6)	30	207 (mín)	20	138 (mín)	3	Fundiciones de gran complejidad, ejes portadores de las motoras, ruedas de camiones
		Molde permanente (-T6)	33	229 (mín)	22	152 (mín)	3	
332,0	9,5 Si, 3 Cu, 1,0 Mg	Molde permanente (-T5)	31	214 (mín)				Pistones de automóviles
413,0	12 Si, 2 Fe	Fundición en coquilla	43	297	21	145 (mín)	2,5	Fundiciones complicadas

* Número de asociación de aluminio. † Balance de aluminio. ‡ O = recocido y recristalizado; H14 = endurecido por deformación únicamente; H34 = endurecido por deformación y estabilizado; T5 = enfriado desde temperatura elevada, proceso de conformado, luego envejecimiento artificial; T6 = tratamiento térmico de solución, luego envejecido artificialmente.

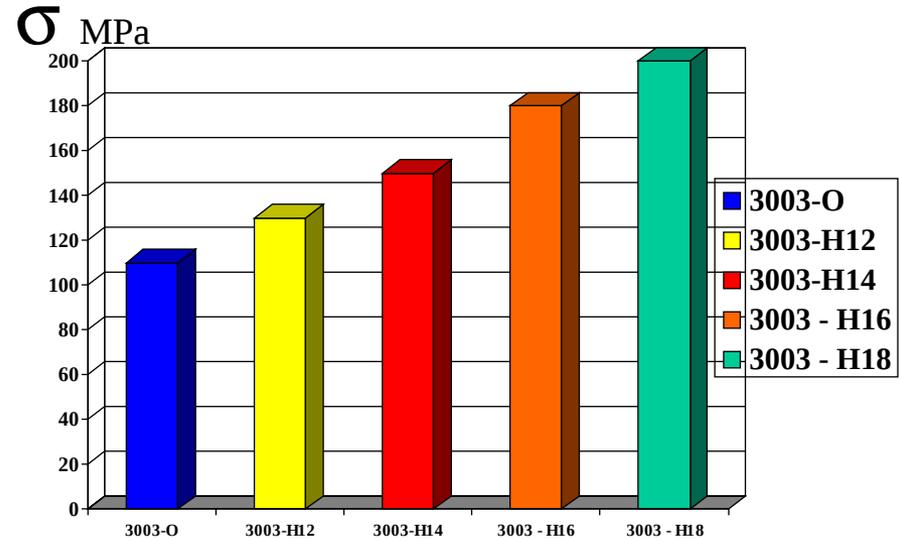
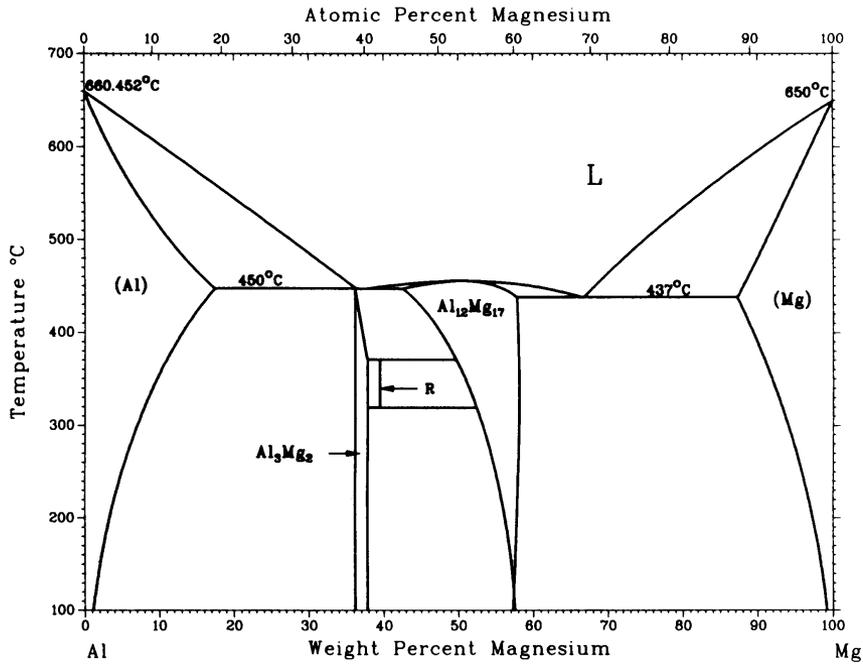
EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Aleaciones de aluminio endurecidas por deformacion, que no se endurecen por tratamiento térmico

Las aleaciones de aluminio deformables que no se endurecen por tratamiento térmico son aquellas que sus características mecánicas dependen de las distintas formas de laminación o conformado y de recocidos intermedios o finales si es necesario. Su dureza está caracterizada por el estado H y corresponden a las familias, 1000 (Aluminio puro), 3000 (Aluminio Manganeso) y 5000 (Aluminio Magnesio).

Aluminio - Magnesio



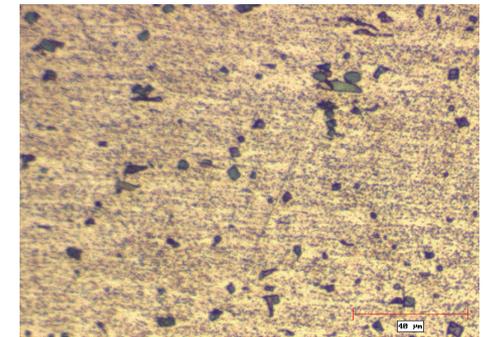
Aleación de aluminio 3003.

Composición química de la aleación evaluada.

Elemento	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Z	B	Ti
	0,22	0,68	0,147	1,10	0,002	0,001	0,005	0,002	0,010

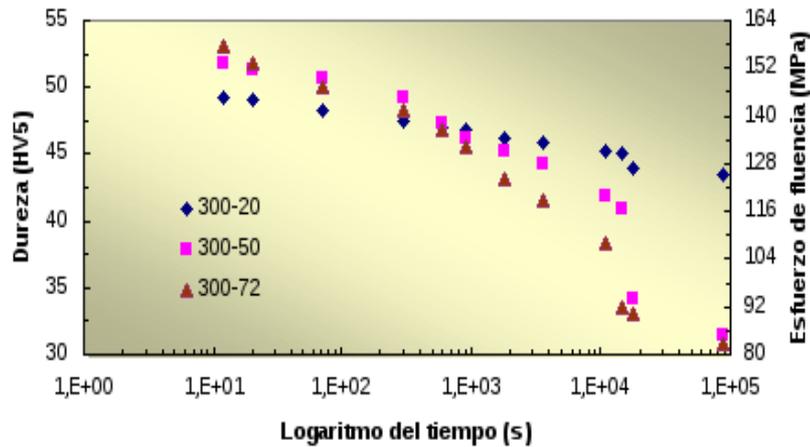
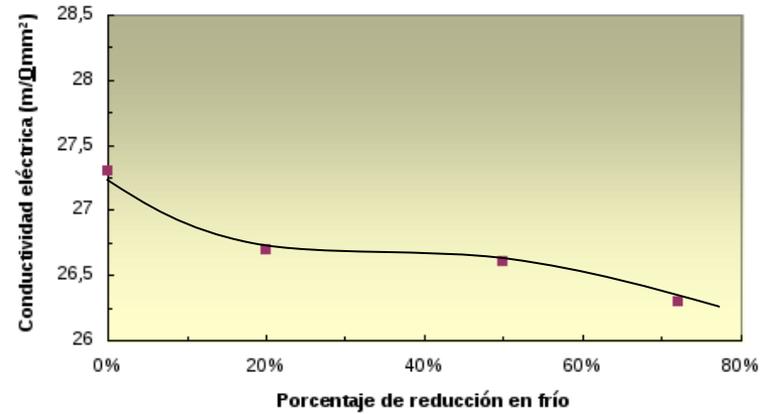
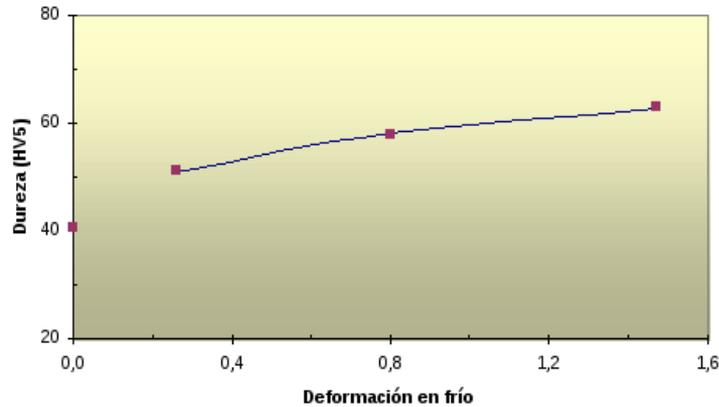
Propiedades del material con diferentes porcentajes de reducción en frío.

% Reducción en frío (%R)	Dureza HV5	Esfuerzo de fluencia (MPa)	% IACS	Conductividad (m/Ωmm ²)	Mnss (%)
0	40,7	119	51,0	27,3	0,27
20	51,1	160	46,0	26,7	-
50	57,9	185	45,8	26,6	-

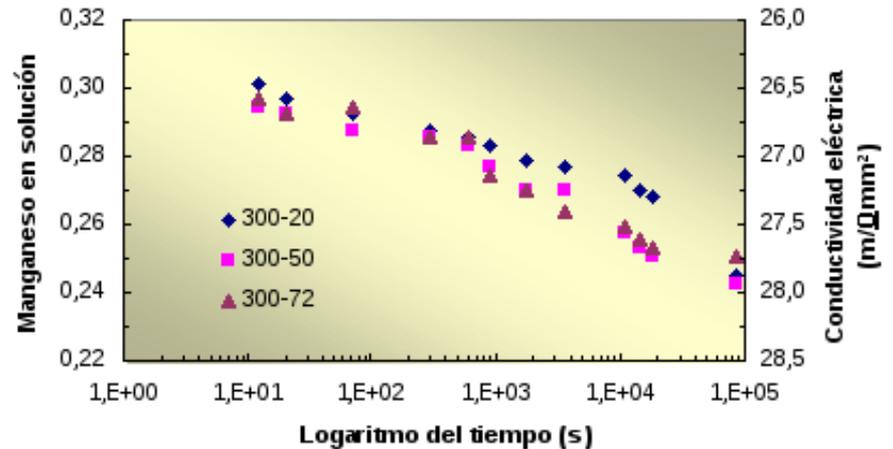


Fotomicrografía de lámina con 0 % de reducción (200X-HF 5%-15 S), revelando la presencia de partículas de segunda fase.

Aleación de aluminio 3003. Variación de propiedades en función del % de deformación y del proceso de recocido de recristalización



Variación de la dureza y el esfuerzo de fluencia para el recocido a 300 °C.



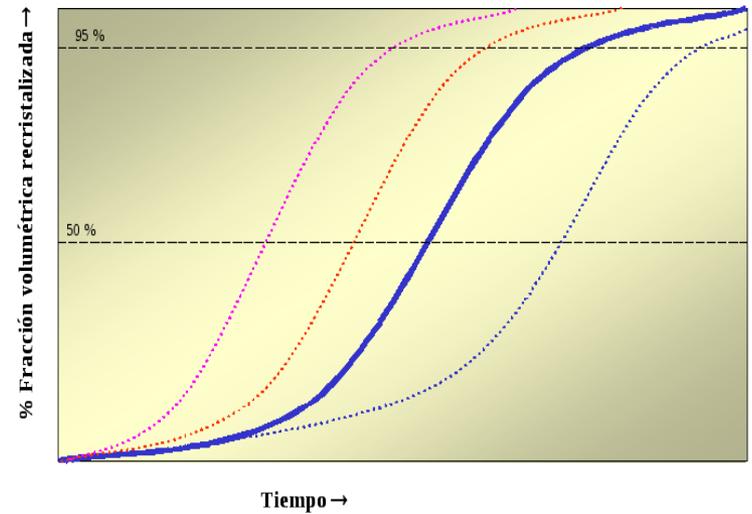
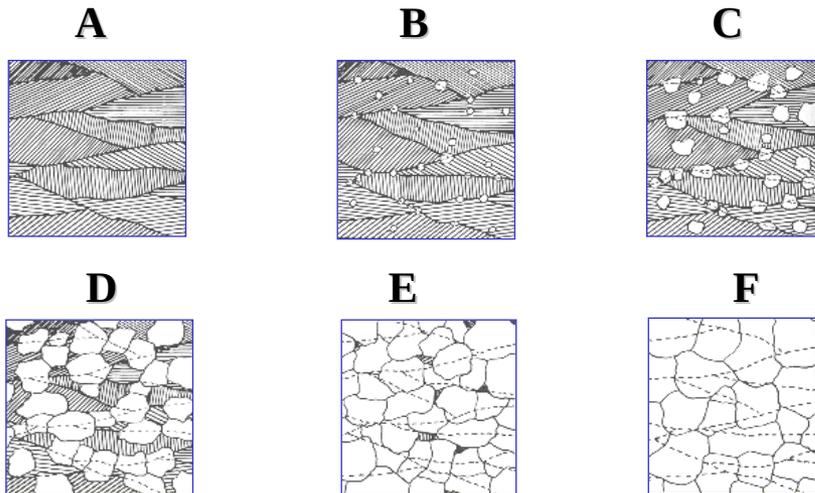
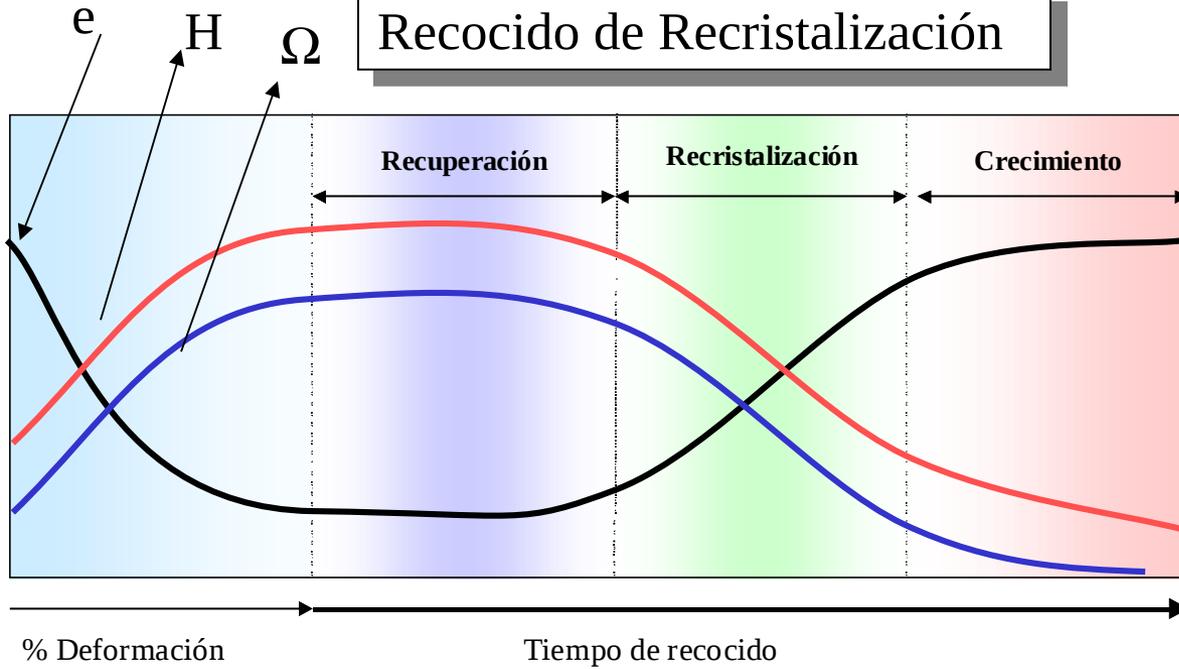
EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Aleaciones de aluminio endurecidas por deformacion, que no se endurecen por tratamiento térmico

La acritud es el endurecimiento obtenido por deformación plástica en frío que produce un aumento de las características mecánicas y de la dureza del material. Se produce simultáneamente una disminución de su capacidad de deformación y una pérdida de maleabilidad. Este efecto es mucho más marcado cuanto mayor es la deformación sufrida o cuando más elevada es la tasa de acritud. También depende de la composición del metal. Los aleantes que principalmente están presentes en estas aleaciones de aluminio son el Magnesio y el Manganeso.

Recocido de Recristalización



EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

RECOCIDO DE RECRISTALIZACION

El endurecimiento por acritud es posible recuperarlo con un tratamiento térmico de recocido. Este tratamiento se efectúa a una temperatura superior a 300°C. La dureza y las características mecánicas de este metal comienzan a disminuir lentamente.

En el recocido se produce una modificación de la textura, la cual evoluciona de una estructura laminar a otra completamente cristalizada.

Durante la fase de recristalización y en el momento del recocido, el tamaño de grano es susceptible de crecer.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

DENOMINACION

H: Acritud solamente

Aplicado a los semi-productos los cuales son endurecidos por deformación plástica en frío solamente hasta obtener la resistencia mecánica deseada, sin tratamiento térmico complementario.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

DENOMINACION

H2: Acritud y recocido parcial

Aplicado a los semi-productos que son endurecidos por deformación plástica en frío hasta obtener una resistencia mecánica superior a la deseada, la cual se obtiene posteriormente mediante un tratamiento térmico de recocido parcial. En este estado, para un mismo nivel de resistencia mecánica que el H, presenta un mayor alargamiento.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

DENOMINACION

H3: Acritud y estabilizado

Aplicado a los semi-productos que son endurecidos por deformación plástica en frío y cuyas características mecánicas han sido estabilizadas posteriormente por un tratamiento térmico a baja temperatura. La estabilización generalmente disminuye la resistencia mecánica y aumenta la ductilidad. Esta denominación es únicamente aplicable a aquellas aleaciones que si no son estabilizadas sufren un ablandamiento a temperatura ambiente, como las de AlMg.

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

DENOMINACION

El dígito que sigue a las designaciones H1, H2 y H3 indicará el grado final de acritud recibido:

X2: Estado 1/4 duro. Su resistencia a la tracción se encuentra aproximadamente a la mitad entre la del estado recocido y la del semiduro.

HX4: Estado semiduro. Su resistencia a la tracción se encuentra aproximadamente a la mitad entre la del estado recocido y la del duro.

HX6: Estado 3/4 duro. Su resistencia a la tracción se encuentra aproximadamente a la mitad entre la del estado semiduro y la del duro.

HX8: Estado duro. Tiene el máximo grado de acritud generalmente utilizado.

HX9: Estado extraduro. Su resistencia a la tracción excede a la del estado duro. Los dígitos impares indicarán estados cuya resistencia a la tracción es la media de las correspondientes a los estados de dígitos pares adyacentes

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

DENOMINACION

Tercera cifra (x) en la subdivisión del estado H

Las siguientes tres cifras a la letra H sirven para todas las aleaciones forjables:

H (x)11: Aplicado a los semi-productos que después de un recocido final mantienen un endurecimiento por deformación en frío que impide calificarlo como un estado recocido (0), pero no lo suficiente como para calificarlo como H(x)1. Ejemplo: El endurecimiento alcanzado por un enderezado por tracción controlada se denomina H111. (Alargamiento de un 1% aproximadamente.)

H 112: Aplicado a los semi-productos que pueden adquirir algún endurecimiento por deformación a elevada temperatura y por el cual hay unos límites de límites características mecánicas.

H 113: Aplicado a las chapas, que después de un recocido final mantienen un endurecimiento por deformación en frío que impide calificarlo como un estado recocido (0), pero no lo suficiente para calificarlo como H(x). (El alargamiento es de un 3% aproximadamente.)

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Aleaciones de aluminio deformables que se endurecen por tratamiento térmico

Las aleaciones deformables, que se endurecen con el tratamiento térmico, son bifásicas (solución sólida a base de aluminio y fase sólida en exceso). Como resultado del tratamiento térmico éstas obtienen altas propiedades mecánicas. El tratamiento térmico consta de un temple y envejecimiento, por el cual se entiende el mantenimiento de la aleación a la temperatura ambiente durante unos cuantos días (envejecimiento natural) o unas cuantas horas a temperaturas elevadas (envejecimiento artificial).

EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Aleaciones de aluminio deformables que se endurecen por tratamiento térmico

El endurecimiento estructural de estas aleaciones y sus características mecánicas dependerán de los ciclos de tratamientos térmicos: solubilización, temple y envejecimiento (natural o artificial). A este grupo pertenecen las familias 2000 (Aluminio-Cobre), 6.000 (Aluminio-Magnesio-Silicio) y 7000 (Aluminio-Zinc). Estas aleaciones con endurecimiento estructural se obtienen según la secuencia de los tratamientos térmicos siguientes:

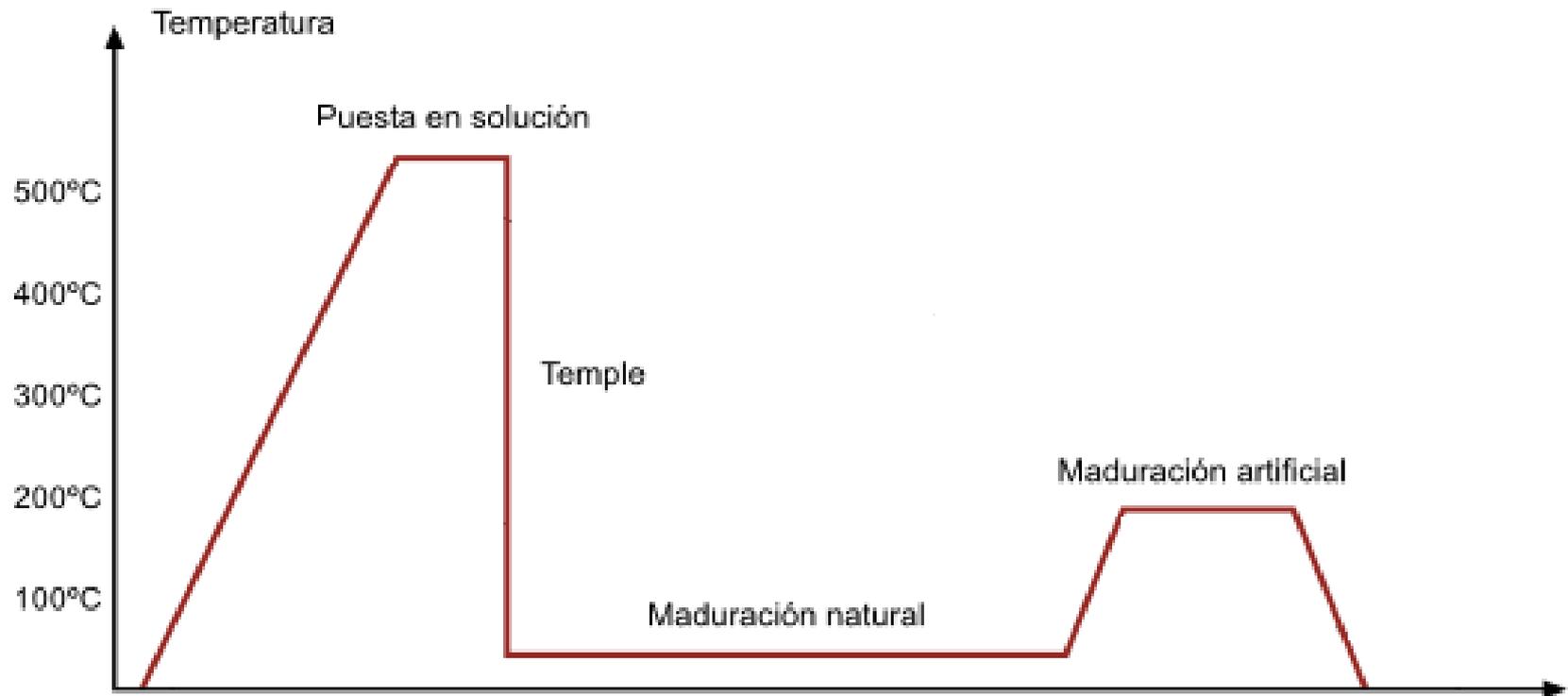
- Puesta en solución.
- Temple.
- Envejecimiento o Maduración (natural o artificial).

En ciertos casos pueden ser completados con estirado en frío en determinada fase del tratamiento.

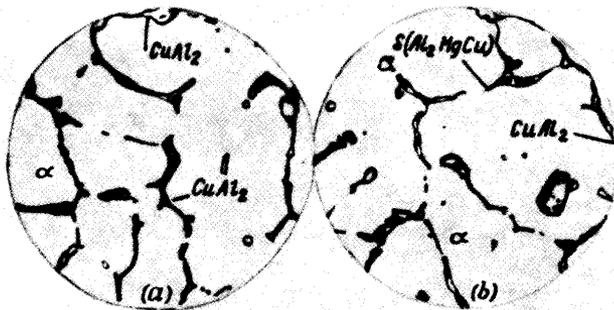
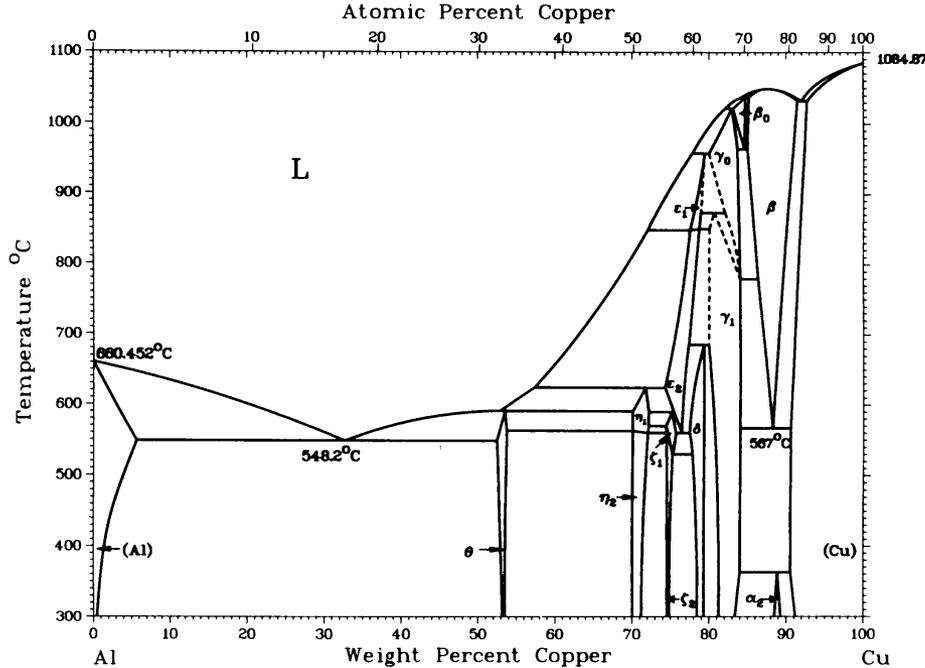
EL ALUMINIO

ASPECTOS TECNOLOGICOS

Aleaciones de aluminio deformables que se endurecen por tratamiento térmico



Aluminio - Cobre



Composición química, %, y propiedades mecánicas de algunas aleaciones de aluminio deformables

Aleación	Cu	Mg	Mn	Si	$\sigma_{0.2}$, MN/m ² (kgf/mm ²)	σ_r , MN/m ² (kgf/mm ²)	δ , %
----------	----	----	----	----	---	---	-----------------

Duraluminio

D1	3,8–4,8	0,4–0,8	0,4–0,8	—	240 (24)	410 (41)	15
D16	3,8–4,9	1,2–1,8	0,3–0,9	—	380 (38)	520 (52)	11

Aleación avial

AV	0,2–0,6	0,45–0,9	0,15–0,35 (o Cr)	0,5–1,2	280 (28)	330 (33)	16
----	---------	----------	---------------------	---------	----------	----------	----

Aleación de aluminio de alta solidez

V95 *1	1,4–2,0	1,8–2,8	0,2–0,6	—	540 (54)	580 (58)	8
--------	---------	---------	---------	---	----------	----------	---

Aleaciones de aluminio para forjado y estampado

AK6	1,8–2,6	0,4–0,8	0,4–0,8	0,7–1,2	300 (30)	420 (42)	13
AK8	3,9–4,8	0,4–0,8	0,4–1,0	0,6–1,2	380 (38)	480 (48)	10

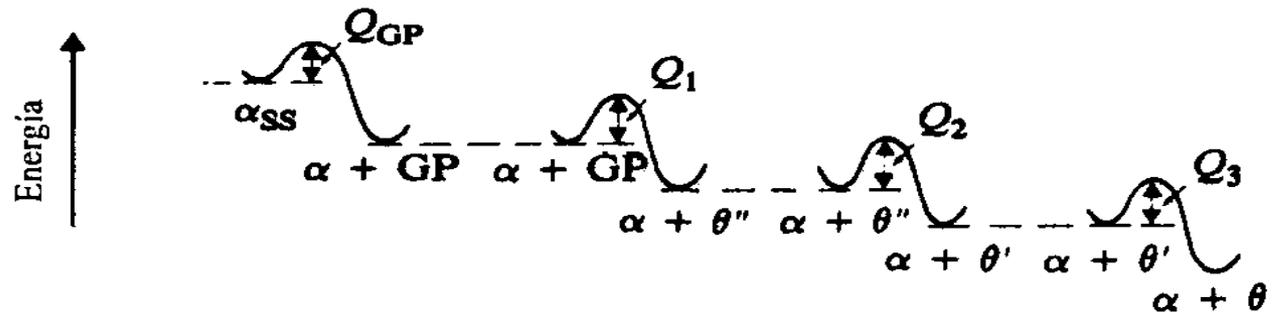
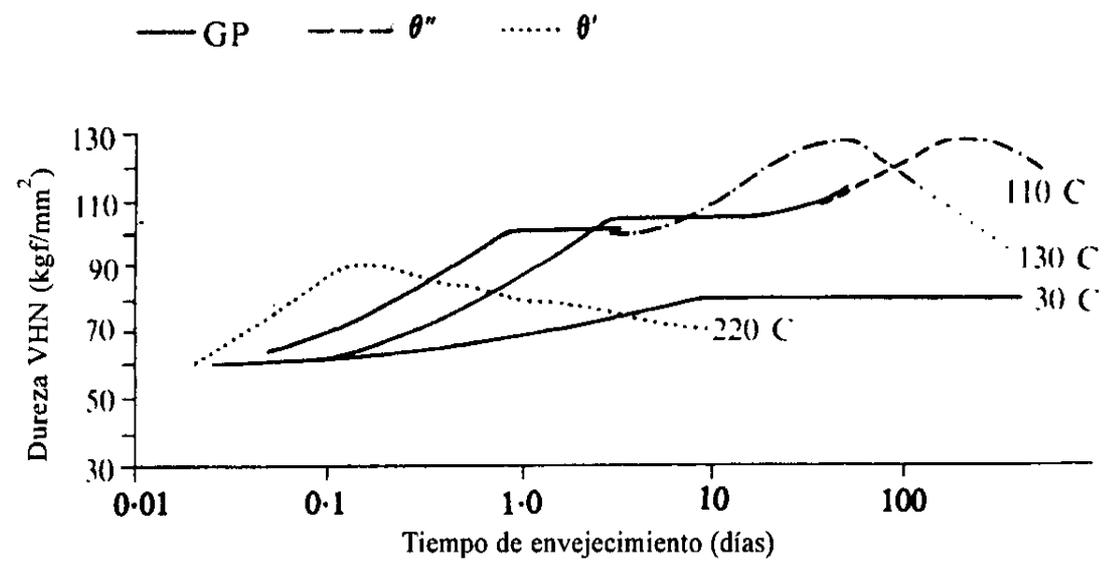
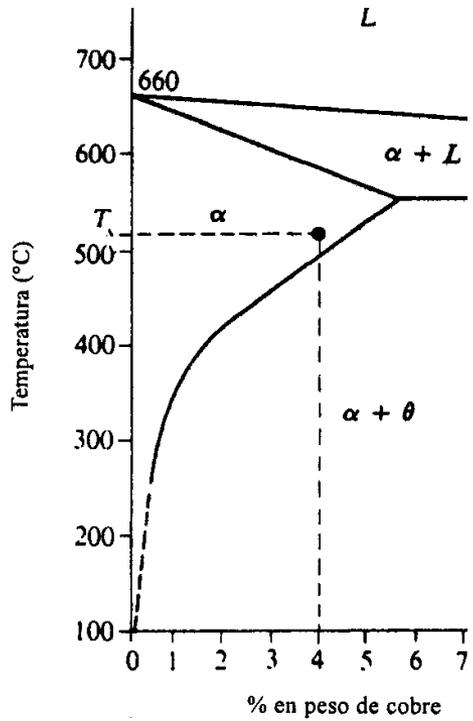
Aleaciones de aluminio piroresistentes

AK4-1 *2	1,9–2,5	1,4–1,8	—	—	280 (28)	420 (42)	13
D20	6–7	—	0,4–0,8	—	250 (25)	400 (40)	12

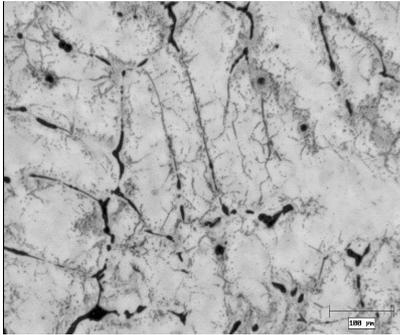
*1 Además de los elementos indicados, la aleación contiene un 5–7% de Zn; 0,1–0,25% de Cr.

*2 La aleación contiene un 1,0–1,5% de Fe, 1,0–1,5% de Ni; 0,02–0,1% de Ti.

Envejecimiento

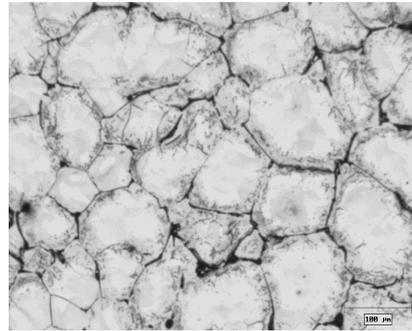


ALEACION 6063

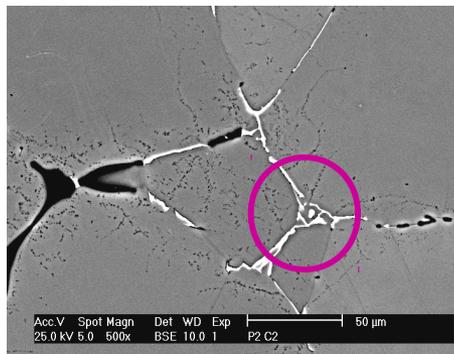


Aleación 6063 sin chatarra y adición de tiber. **Tamaño de Grano: 2,52 ASTME112-96**

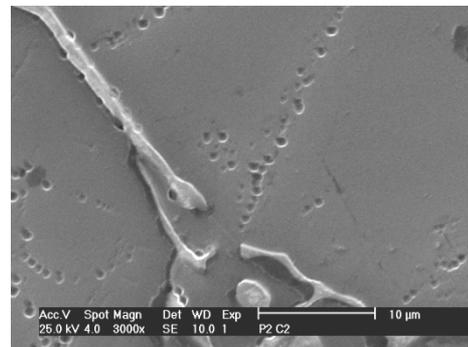
Atacada con Acido Hidrofluórico al 3%. Aumento de 100X.



Aleación 6063 refinada con Tibor **Tamaño de Grano: 4,5 ASTME112-96**

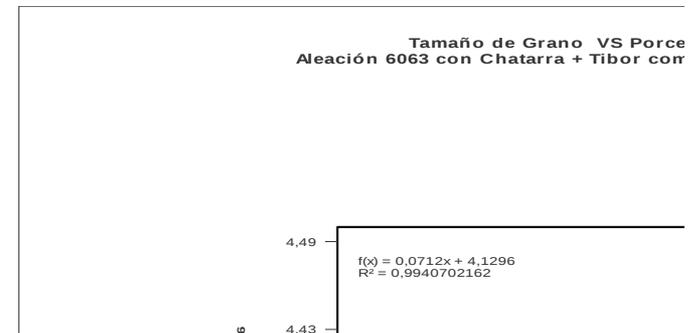


Fotomicrografía (SEM) que muestra la morfología de la Aleación 6063, Aumento de 500X.



Fotomicrografía (SEM) que muestra la morfología de la Aleación 6063 con Tibor . Aumento de 3000X.

La aleación 6063 se encuentra dentro de las aleaciones blandas, por su poca adición de elementos aleantes. Es una aleación de Al, Mg y Si. Esta aleación es refinada en el tamaño de grano con Titanio-Boro (Tiber). Es ampliamente utilizada para realizar productos por extrusión. Al adicionar AlTiB en el metal fundido se incorporan partículas de $TiAl_3$ y TiB_2 , hasta que una cierta fracción alcance las dimensiones de un núcleo. Se requiere que debe estar presente una capa de $TiAl_3$ sobre ciertas caras de la partícula de TiB_2 para que ésta pueda ser un agente de nucleación activo para el y no en el Al fundido por la disolución del $TiAl_3$ en AlTiB.



ALEACION 6063

La aleación 6063 se encuentra dentro de las aleaciones blandas, por su poca adición de elementos aleantes. Es una aleación de Al, Mg y Si. Esta aleación es refinada en el tamaño de grano con Titanio-Boro (Tibor). Es ampliamente utilizada para realizar productos por extrusión. Al adicionar AlTiB en el metal fundido se incorporan partículas de $TiAl_3$ y TiB_2 , hasta que una cierta fracción alcance las dimensiones de un núcleo. Se requiere que debe estar presente una capa de $TiAl_3$ sobre ciertas caras de la partícula de TiB_2 para que ésta pueda ser un agente de nucleación activo.

Figura 25
Tamaño de Grano VS Porcentaje de Chatarra + Tibor como agente de nucleación en Aleación 6063

4,49

$$f(x) = 0,0712x + 4,1296$$

$$R^2 = 0,9940702162$$

Aluminio - Silicio

