



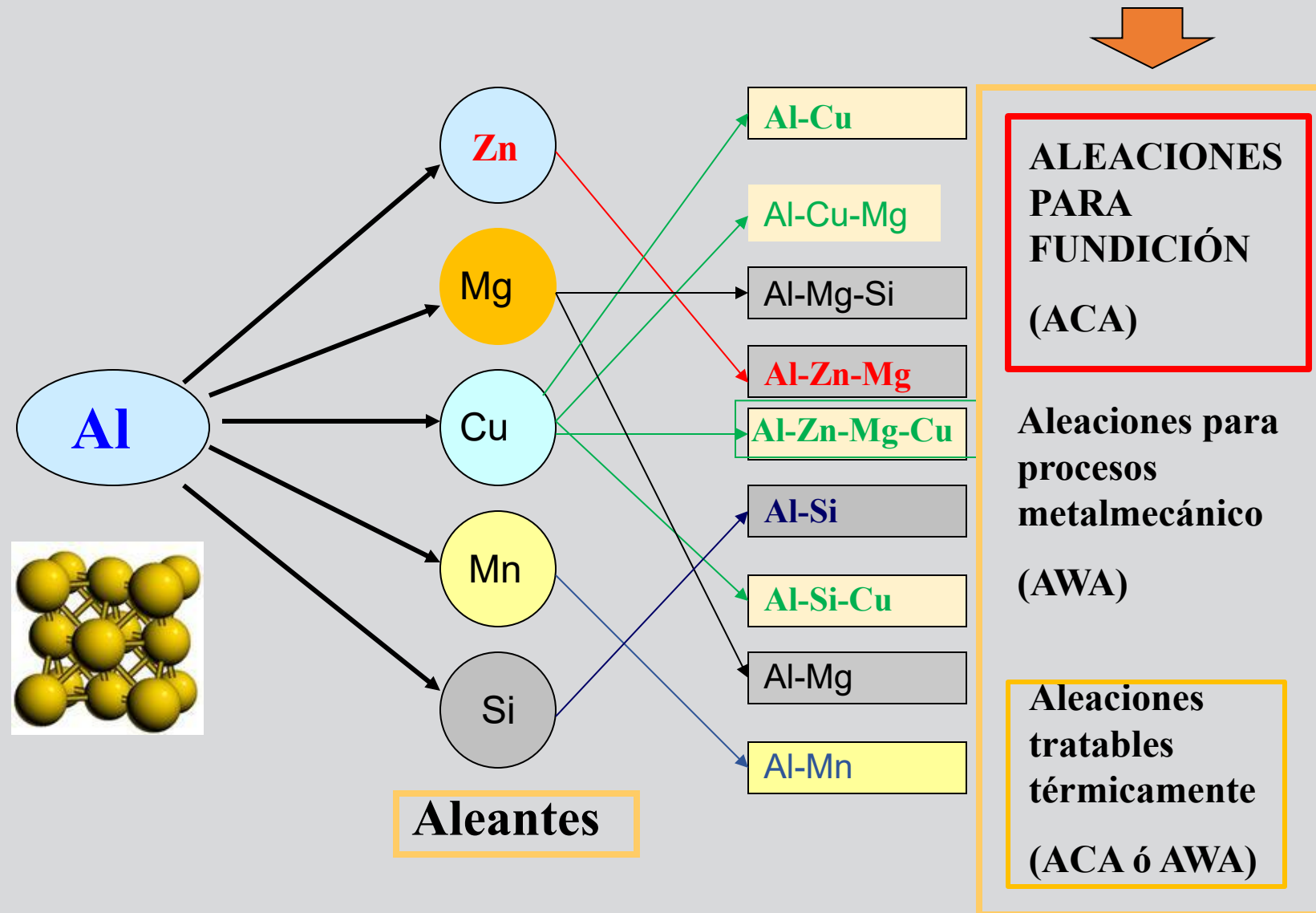
# Clasificación de las aleaciones de aluminio

0185 Metalurgia de aleaciones coladas base aluminio

Dr. Luis Enrique Jardón Pérez  
Departamento de Metalurgia  
Facultad de Química, UNAM



## 2.1 CLASIFICACIÓN GENERAL





## Alloy and Temper designation System for Aluminum and Aluminum Alloys

- 1) Aluminum Wrought Alloy (Aleaciones para procesos metalmecánicos)
  - 2) Aluminum Cast Alloys (Aleaciones para fundición o de colada)
- 

## 2.2 Interpretación de designación de aleaciones para procesos metalmecánicos. **Aluminum Wrought Alloys (AWA)**

Se usa un sistema de cuatro dígitos para identificar aluminio conformado y sus aleaciones. El primer dígito indica el grupo de aleación como se muestra en la tabla

Principal elemento de aleación	Serie
Aluminio con mínimo 99.00% de pureza	1XXX
Cobre	2XXX
Manganeso	3XXX
Silicio	4XXX
Magnesio	5XXX
Magnesio y Silicio	6XXX
Zinc	7XXX
Otros elementos	8XXX
En desuso	9XXX

El grupo de aleación en las aleaciones 2xxx a 7xxx se determina por el elemento aleante (Mg<sub>2</sub>Si para las aleaciones 6xxx) de mayor presencia.

Si el porcentaje medio mayor es común para dos o más elementos aleantes, la elección del grupo se hace en el orden de secuencia de grupos: Cu, Mn, Si, Mg, Mg<sub>2</sub>Si, Zn o otros.

Los dos últimos dígitos identifican la aleación de aluminio o indican la pureza del aluminio. El segundo dígito indica las modificaciones de la aleación original o los límites de impurezas

# Aluminum Wrought Alloys (AWA)

## Serie 1xxx

En el grupo 1xxx, para una pureza mínima del 99.00%, los dos últimos dígitos de los cuatro indican el porcentaje mínimo de aluminio.

## Serie 2xxx

En estas aleaciones el principal elemento aleante es el **Cu**, pero a veces también se le añade Mg. Las características de esta serie son: buena relación dureza-peso y mala resistencia a la corrosión.

En lo referente a la primera característica decir que algunas de las aleaciones de esta serie tienen que ser sometidas a TT de solubilidad y a veces de envejecimiento para mejorar sus propiedades mecánicas. Una vez hecho esto la serie 2xxx tiene unas propiedades mecánicas que son del orden y, a veces superiores, que las de los aceros bajos en carbono. El efecto de los TT es el aumento de la dureza con una bajada de la elongación.

En lo referente a la segunda característica estas aleaciones generalmente son galvanizadas con aluminio de alta pureza o con aleaciones de la serie 6xxx para protegerlas de la corrosión y que no se produzca corrosión intergranular.

Los usos más frecuentes que se le dan a estos aluminios son (generalmente son usados en lugares donde sea necesario una alta relación dureza-peso) en las ruedas de los camiones y de los aviones, en la suspensión de los camiones, en el fuselaje de los aviones, en estructuras que requieren buena dureza a temperaturas superiores a los 150°C.

Para finalizar decir que salvo la aleación 2219, estas aleaciones tienen una mala soldabilidad, pero una maquinabilidad muy buena.

# Aluminum Wrought Alloys (AWA)

## Serie 3xxx

En estas aleaciones el principal elemento aleante es el **Mn**. Estas aleaciones tan solo tienen un 20% más de dureza que el aluminio puro eso es porque el Mn solo puede añadirse de forma efectiva en solo un 1.5%. Por ello hay muy pocas aleaciones de esta serie. Sin embargo, los aluminios 3003, 3004 y 3105 son muy usados para fabricar utensilios que necesiten dureza media y que sea necesario buena trabajabilidad para fabricarlos como son latas para bebidas, utensilios de cocina, intercambiadoras de calor, mobiliario, señales de tráfico, tejados y otras aplicaciones arquitectónicas.

## Serie 4xxx

En esta serie el principal elemento aleante es el **Si** que suele añadirse en cantidades medianamente elevadas (por encima del 12%) para conseguir una bajada del rango de fusión de la aleación. El objetivo es conseguir una aleación que funda a una temperatura más baja que el resto de aleaciones de aluminio para usarlo como elemento de soldadura. Estas aleaciones en principio no son tratables térmicamente, pero si son usadas en soldadura para soldar otras aleaciones que son tratables térmicamente, parte de los elementos aleantes de las aleaciones tratables térmicamente pasan a la serie 4xxx y convierten una parte de la aleación en tratable térmicamente. Las aleaciones con un elevado nivel de Si tienen un rango de colores que van desde el gris oscuro al color carbón y por ello están siendo demandadas en aplicaciones arquitectónicas. La 4032 tiene un bajo coeficiente de expansión térmica y una alta resistencia al desgaste lo que la hace bien situada para su uso en la fabricación de pistones de motores.

# Aluminum Wrought Alloys (AWA)

## Serie 5xxx

Esta serie usa como principal elemento aleante el **Mg** y a veces también se añaden pequeñas cantidades de Mn cuyo objetivo es el de endurecer el aluminio. El Mg es un elemento que endurece más el aluminio que el Mn (un 0.8 de Mg produce el mismo efecto que un 1.25 de Mn) y además se puede añadir más cantidad de Mg que de Mn. Las principales características de estas aleaciones son una media a alta dureza por endurecimiento por deformación, buena soldabilidad, buena resistencia a la corrosión en ambiente marino y una baja capacidad de trabajo en frío. Estas características hacen que estas aleaciones se usen para adornos decorativos, ornamentales y arquitectónicos, en el hogar, iluminación de las calles y carreteras, botes, barcos y tanques criogénicos, partes de puentes grúa y estructuras de automóviles.

## Serie 6xxx

En estas aleaciones se usan como elementos aleantes el **Mg** y el **Si** en proporciones adecuadas para que se forme el  $Mg_2Si$ . Esto hace que esta aleación sea tratable térmicamente. Estas aleaciones son menos resistentes que el resto de aleaciones, a cambio tiene también formabilidad, soldabilidad, maquinabilidad y resistencia a la corrosión. Estas aleaciones pueden moldearse por un TT T4 y endurecido por una serie de acciones que completen el TT T6. Su uso suele ser el de aplicaciones arquitectónicas, cuadros de bicicletas, pasamanos de los puentes, equipo de transporte y estructuras soldadas.

# Aluminum Wrought Alloys (AWA)

## Serie 7xxx

El **Zn** añadido en proporciones que van desde el 1 al 8 % es el elemento aleante en mayor proporción en estas aleaciones. A veces se añaden pequeñas cantidades de Mg para hacer la aleación tratable térmicamente. También es normal añadir otros elementos aleantes como Cu o Cr en pequeñas cantidades. Debido a que la principal propiedad de estas aleaciones es su alta dureza se suele usar en las estructuras de los aviones, equipos móviles y otras partes altamente forzadas. Debido a que esta serie muestra una muy baja resistencia a la corrosión bajo tensión se le suele aplicar levemente un TT para conseguir una mejor mezcla de propiedades.



# Aluminum Wrought Alloys (AWA)

## SERIE ELEMENTO PRINCIPAL

- 1XXX Mínimo **99% aluminio**. Alta resistencia a la corrosión. Baja resistencia, pobre maquinabilidad, alta conductividad eléctrica y térmica, Ej: AA1100, AA1060
- 2XXX **Cobre**. Relativamente baja resistencia a la corrosión, tratable térmicamente, Ej: AA2024
- 3XXX **Manganeso**. De baja a mediana resistencia, buena resistencia a la corrosión, pobre maquinabilidad, Ej: AA3003
- 4XXX **Silicio**. No disponible como producto extruido
- 5XXX Magnesio. De baja a moderada resistencia, Excelente resistencia a la corrosión marina, Muy buena soldabilidad. Ej: AA5083
- 6XXX **Magnesio y silicio**. La más popular del grupo de aleaciones para extrusión. Buena extrudabilidad, buena resistencia, buena resistencia a la corrosión, buena maquinabilidad, buena soldabilidad, tratable térmicamente. Ej: AA6063, AA6261, AA6005, AA6351, AA6463
- 7XXX **Zinc**. Muy alta resistencia, buena maquinabilidad, tratable térmicamente Ej: AA7075, AA7005
- 8XXX **Otros elementos**. Por ejemplo hierro y silicio. Ej: AA8006, AA8079, AA8011, AA8111.

# Aluminum Wrought Alloys (AWA)

AA	Si	Fe	Cu	Mn	B
1350	0.10	0.40	0.05		0.05
1050	0.09	0.25			
1060	0.25	0.35			
1100	0.30	0.65		0.20	
8112	0.90	1.0	0.10		0.20
3003	0.60		0.70	0.20	1.00

**AA1060** Aleación de 99.6 % mínimo de aluminio. Aleación muy blanda utilizada en la industria de los cables, alambres y pastillas colapsibles.

**AA1350** Aleación de 99.0% mínimo de aluminio. Empleada en enbobinados para transformadores eléctricos, por su alta conductividad y resistencia mecánica

**AA3003** Aleación con 1% de manganeso, buena resistencia a la corrosión, buena soldabilidad. Presenta mejores propiedades mecánicas que la

**AA1100** . Es usada en fabricación de intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, condensadores.

**AA8112** Es prácticamente una AA1100 con mayores contenidos de Hierro, Manganeso y Silicio. Es utilizada para Teja, Lámina alfajor, Lámina lisa y Rollos.

**AA8006** Fabricación de papel aluminio y contenedores rígidos.

**AA6063** La más popular de las aleaciones de extrusión. Presenta un buen acabado superficial. Para uso arquitectónico.

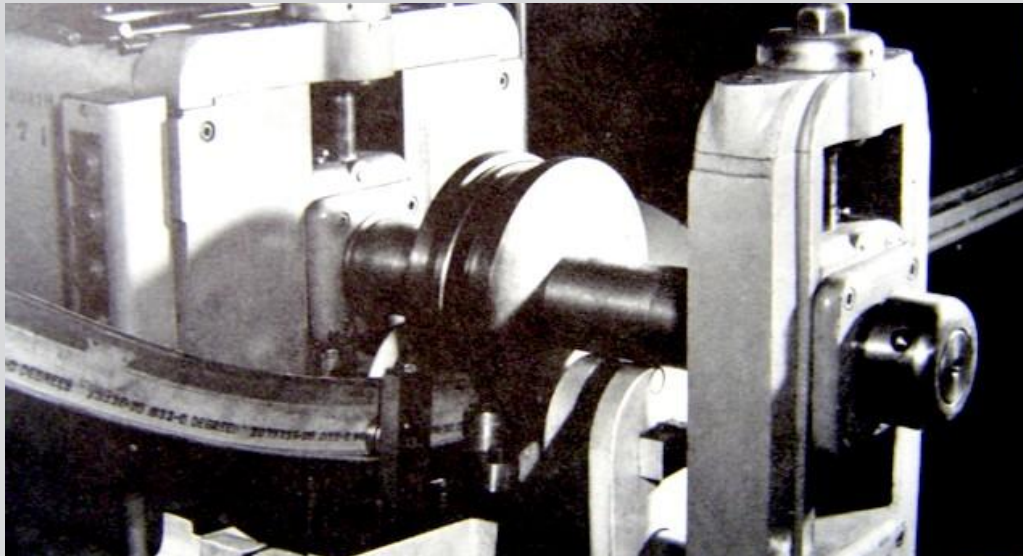
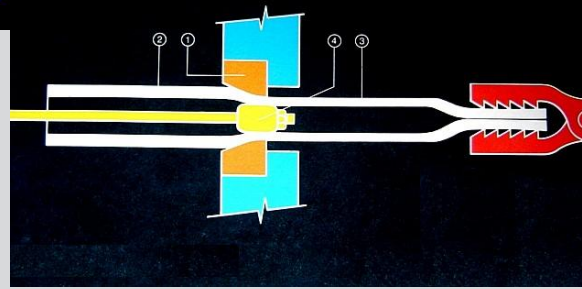
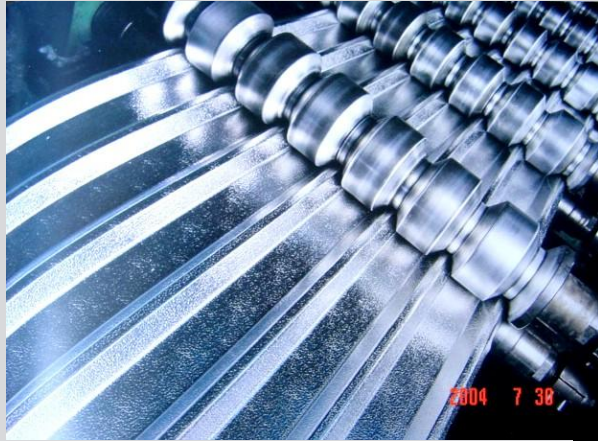
**AA6261** Utilizada en aplicaciones estructurales.

# Aluminum Wrought Alloys (AWA)





# Aluminum Wrought Alloys (AWA)



## 2.3 Aleaciones para procesos de Fundición. Aluminum Cast Alloys (ACA)

ALUMINUM CASTING ALLOYS are the most versatile of all common foundry alloys and generally have the highest castability ratings. As casting materials, aluminum alloys have the following favorable characteristics:

- Good fluidity for filling thin sections
- Low melting point relative to those required for many other metals
- Rapid heat transfer from the molten aluminum to the mold, providing shorter casting cycles
- Hydrogen is the only gas with appreciable solubility in aluminum and its alloys, and hydrogen solubility in aluminum can be readily controlled by processing methods
- Many aluminum alloys are relatively free from hot-short cracking and tearing tendencies
- Chemical stability
- Good as-cast surface finish with lustrous surfaces and little or no blemishes

Aluminum alloy castings are routinely produced by pressure-die, permanent-mold, green-and dry-sand, investment, and plaster casting. Aluminum alloys are also readily cast with vacuum, low-pressure, centrifugal, and pattern-related processes such as lost foam. Total shipments of aluminum foundry products (all types of castings exclusive of ingot) in the United States for 1988 were about  $10^6$  Mg ( $10^6$  tons), of which about 68% was accounted for by die castings (see the shipment statistics in the article "Introduction to Aluminum and Aluminum Alloys" in this Volume).

Although a large number of aluminum alloys has been developed for casting, there are six basic types:

- Aluminum-copper
- Aluminum-copper-silicon
- Aluminum-silicon
- Aluminum-magnesium
- Aluminum-zinc-magnesium
- Aluminum-tin

## 2.3 Aleaciones para procesos de Fundición. Aluminum Cast Alloys (ACA)

Aluminio y sus aleaciones fundidos. Se usa un sistema de designación numérica de cuatro dígitos para identificar aluminio y sus aleaciones fundidos y en forma de lingotes de fundición. El primer dígito indica el grupo de aleación

El grupo de aleación de 2xx.x a 8xx.x esta determinada por el elemento aleante presente en el mayor porcentaje, excepto en los casos en los cuales la aleación que se está registrando califica como una modificación de una aleación previamente registrada. Si el porcentaje mayor es igual para varios elementos aleantes el grupo de aleación se determina con la secuencia mostrada anteriormente.

El segundo y tercer dígito identifican la aleación de aluminio o indica la pureza del aluminio. El último dígito, el cual se separa de los otros por medio de un punto decimal, indica la forma del producto: fundición o lingote. Las modificaciones de la aleación original o de los límites en impurezas se indican mediante por una letra serial antes de la designación numérica. Las letras se asignan en secuencia alfabética empezando con A, pero omitiendo I, O, Q y X, la X está reservada para aleaciones experimentales.

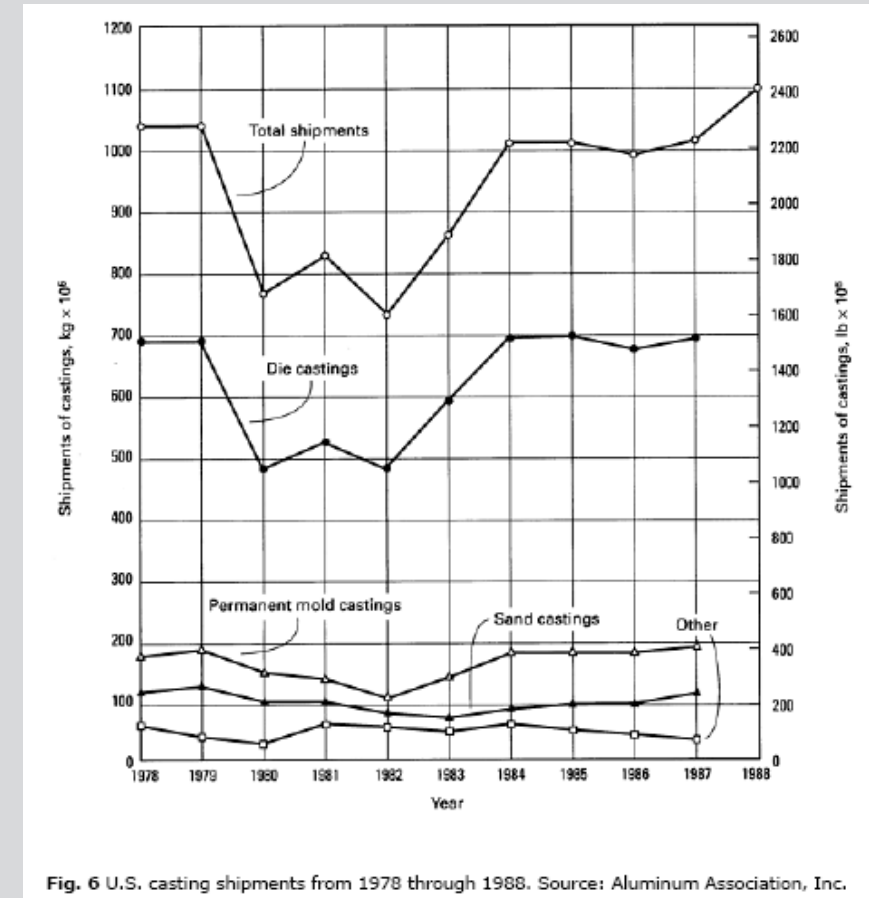
En el grupo de 1xx.x para purezas mínimas de 99.00%, el segundo y tercer dígitos en la designación indican el porcentaje mínimo de aluminio. Estos dígitos son iguales a los dos dígitos a la derecha del punto decimal en el porcentaje de aluminio mínimo cuando se expresa al 0.01% más cercano. El último dígito, el cual está a la derecha del punto decimal indica la forma del producto: 1xx.0 indica fundiciones y 1xx.1 indica lingotes.



# ACA or Aluminum Alloy Casting

Las piezas fundidas de Al son producidas por variados procesos:

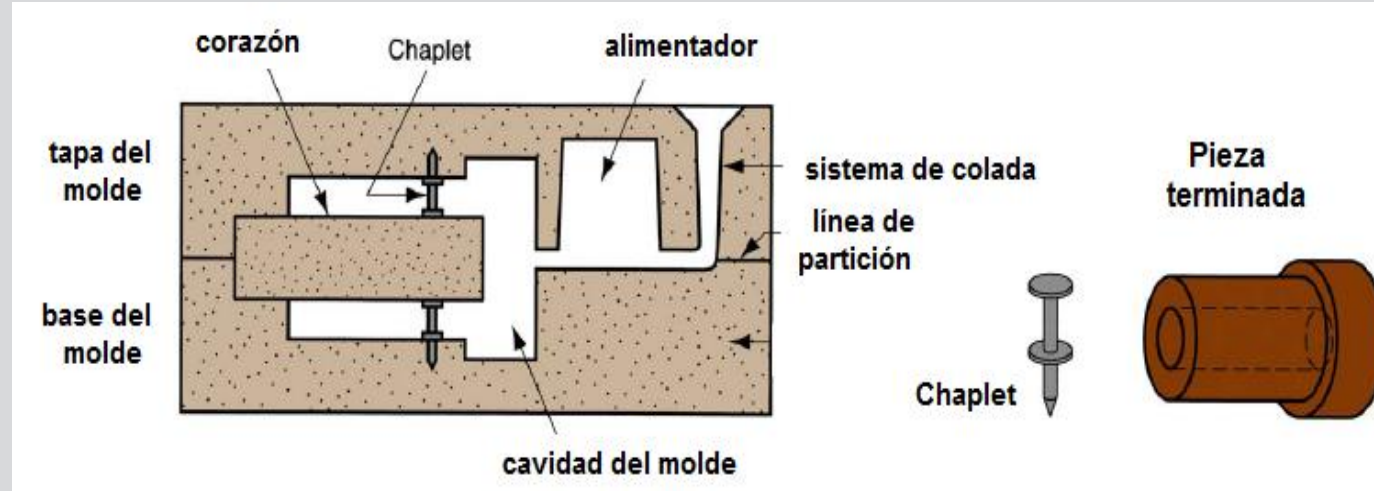
- Molde permanent -permanent mold (P)
- Molde de arena en verde-green sand mould (S)
- Molde de arena seca-dry sand
- Colada en molde cerámico-investment and plaster casting
- Colada a presión-die casting (D)
- Colada centrifuga-centrifugal casting
- Molde evaporable o perdido-lost foam
- Colada a baja presión-low pressure casting
- Colada al vacio-vacuum casting
- Colada contragravedad-Countergravity casting



Piezas comercializadas por tipo de proceso (1978-1988)

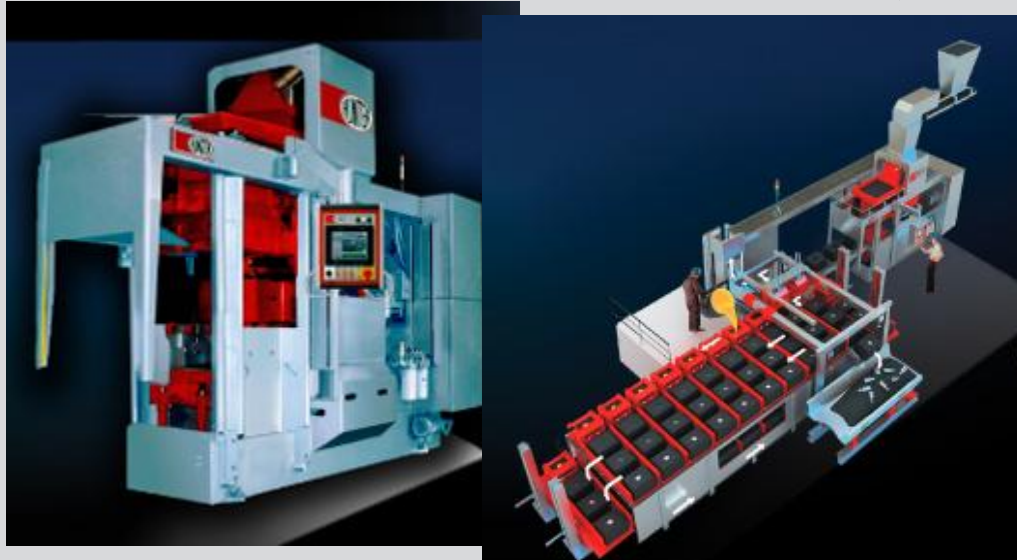
# Proceso más comunes para obtención de piezas coladas

## Colada en molde de arena (Sand Casting ó SC)

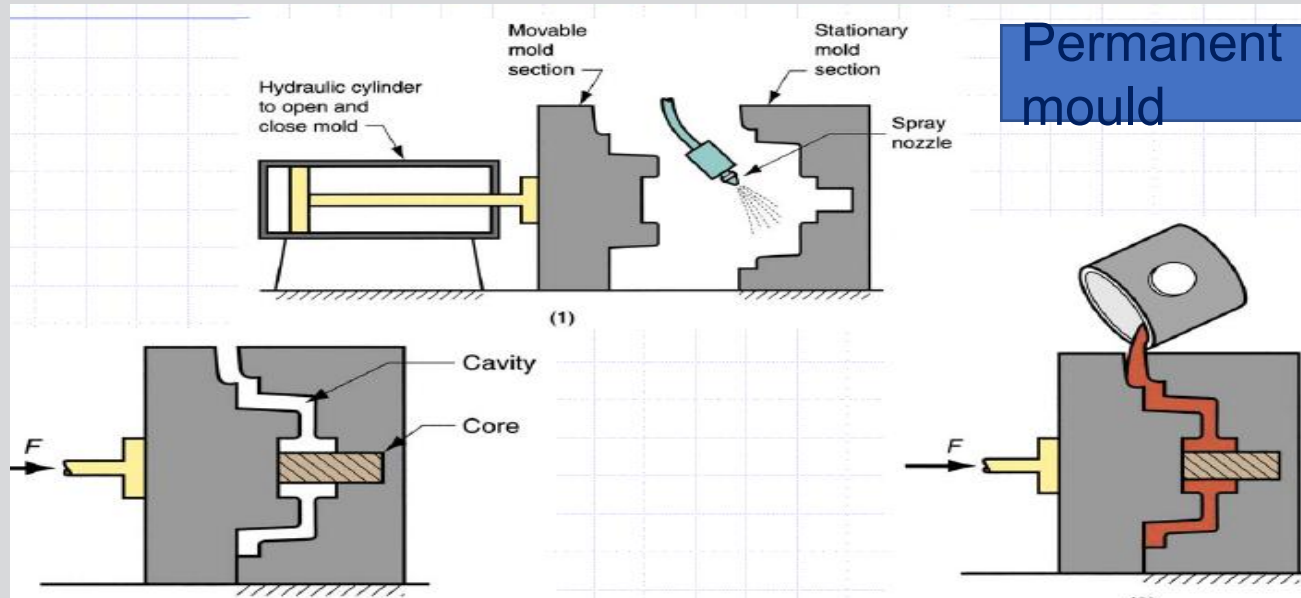




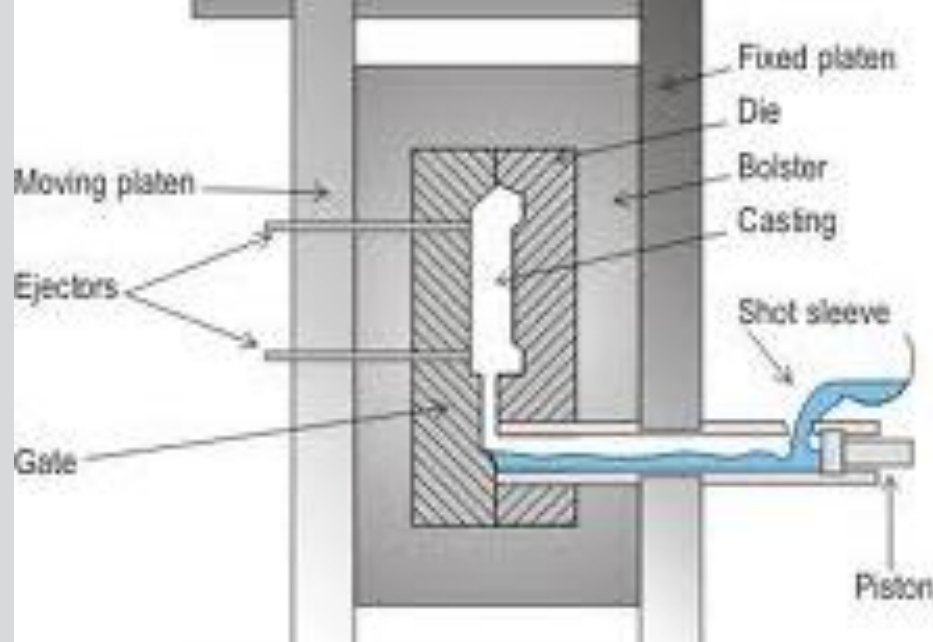
# Colada en molde de arena (Sand Casting ó SC)



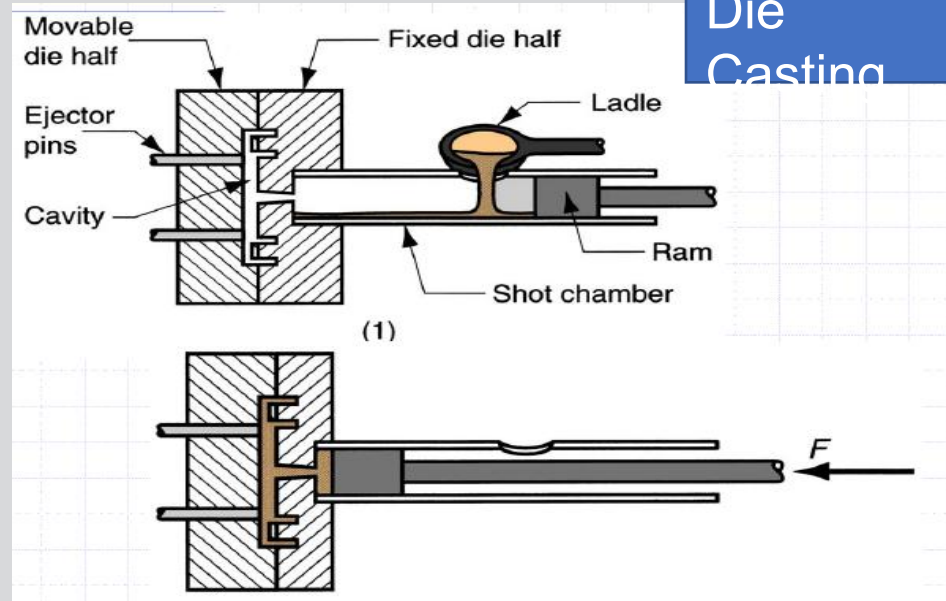
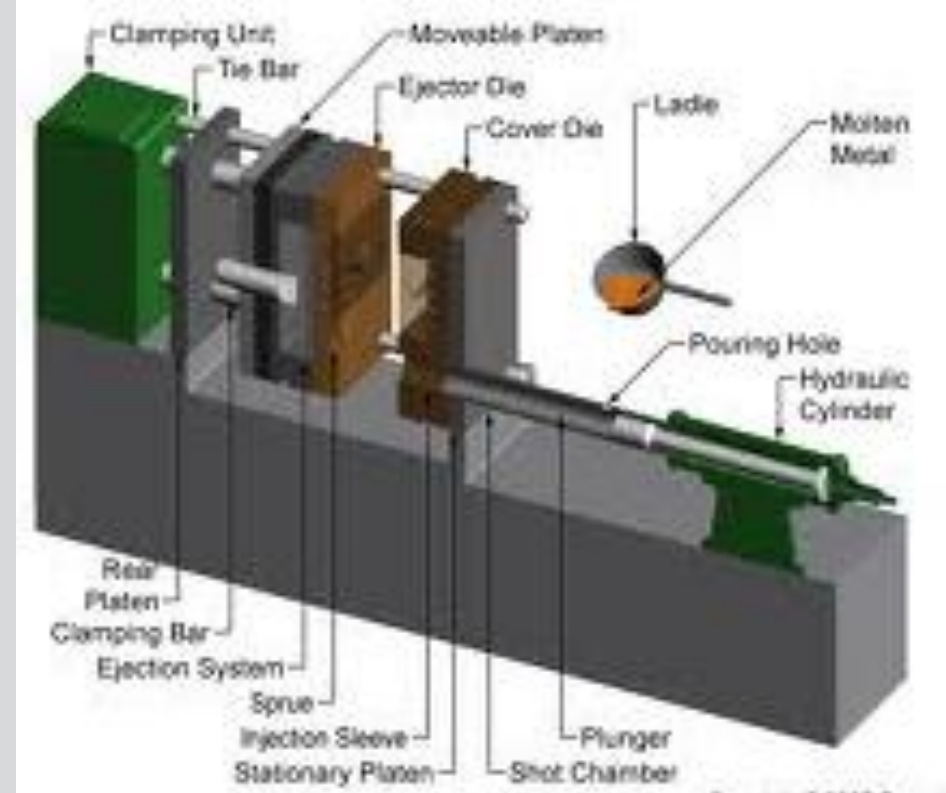
# Colada en molde permanente o Gravity Casting (PM)







## Colada a presión (DC)



Die  
Casting

# Colada a presión (DC)



## 2.3 Interpretación de designación de aleaciones para procesos de Fundición. Aluminum Cast Alloys (ACA)

Although a large number of aluminum alloys has been developed for casting, there are six basic types:

- Aluminum-copper
- Aluminum-copper-silicon
- Aluminum-silicon
- Aluminum-magnesium
- Aluminum-zinc-magnesium
- Aluminum-tin

Principal elemento de aleación	Serie
Aluminio con mínimo 99.00% de pureza	1XX.X
Cobre	2XX.X
Silicio con Cu y/o Mg	3XX.X
Silicio	4XX.X
Magnesio	5XX.X
En desuso	6XX.X
Zinc	7XX.X
Estaño	8XX.X
Otros elementos	9XX.X



Alloy <sup>A</sup>		Use <sup>B</sup>	Composition, %									
ANSI <sup>A</sup>	UNS		Silicon	Iron	Copper	Manganese	Magnesium	Chromium	Nickel	Zinc	Tin	Titanium
201.2	A02012	S	0.10	0.10	4.0–5.2	0.20–0.50	0.20–0.55	...	...	...	...	0.15–0.35
204.2	A02042	S,P	0.15	0.10–0.20	4.2–4.9	0.05	0.20–0.35	...	0.03	0.05	0.05	0.15–0.25
242.1	A02421	S,P	0.7	0.8	3.5–4.5	0.35	1.3–1.8	0.25	1.7–2.3	0.35	...	0.25
242.2	A02422	S,P	0.6	0.6	3.5–4.5	0.10	1.3–1.8	...	1.7–2.3	0.10	...	0.20
A242.1	A12421	S	0.6	0.6	3.7–4.5	0.10	1.3–1.7	0.15–0.25	1.8–2.3	0.10	...	0.07–0.20
A242.2	A12422	S	0.35	0.6	3.7–4.5	0.10	1.3–1.7	0.15–0.25	1.8–2.3	0.10	...	0.07–0.20
295.1	A02951	S	0.7–1.5	0.8	4.0–5.0	0.35	0.03	...	...	0.35	...	0.25
295.2	A02952	S	0.7–1.2	0.8	4.0–5.0	0.30	0.03	...	...	0.30	...	0.20
296.1	...	P	2.0–3.0	0.9	4.0–5.0	0.35	0.05	...	0.35	0.50	...	0.25
296.2	...	P	2.0–3.0	0.8	4.0–5.0	0.30	0.03	...	...	0.30	...	0.20
308.1	A03081	P	5.0–6.0	0.8	4.0–5.0	0.50	0.10	...	...	1.0	...	0.25
308.2	A03082	P	5.0–6.0	0.8	4.0–5.0	0.30	0.10	...	...	0.50	...	0.20
319.1	A03191	S,P	5.5–6.5	0.8	3.0–4.0	0.50	0.10	...	0.35	1.0	...	0.25
319.2	A03192	S,P	5.5–6.5	0.6	3.0–4.0	0.10	0.10	...	0.10	0.10	...	0.20
328.1	A03281	S	7.5–8.5	0.8	1.0–2.0	0.20–0.6	0.25–0.6	0.35	0.25	1.5	...	0.25
332.1 <sup>F</sup>	A03321	P	8.5–10.5	0.9	2.0–4.0	0.50	0.6–1.5	...	0.50	1.0	...	0.25
332.2 <sup>F</sup>	A03322	P	8.5–10.0	0.6	2.0–4.0	0.10	0.9–1.3	...	0.10	0.10	...	0.20
333.1	A03331	P	8.0–10.0	0.8	3.0–4.0	0.50	0.10–0.50	...	0.50	1.0	...	0.25
336.1 <sup>F</sup>	A03361	P	11.0–13.0	0.9	0.50–1.5	0.35	0.8–1.3	...	2.0–3.0	0.35	...	...
336.2 <sup>F</sup>	A03362	P	11.0–13.0	0.9	0.50–1.5	0.10	0.9–1.3	...	2.0–3.0	0.10	...	...
354.1	A03541	P	8.6–9.4	0.15	1.6–2.0	0.10	0.45–0.6	...	...	0.10	...	0.20
355.1	A03551	S,P	4.5–5.5	0.50 <sup>G</sup>	1.0–1.5	0.50 <sup>G</sup>	0.45–0.6	0.25	...	0.35	...	0.25
355.2	A03552	S,P	4.5–5.5	0.14–0.25	1.0–1.5	0.05	0.50–0.6	...	...	0.05	...	0.20
C355.2	A33552	S,P	4.5–5.5	0.13	1.0–1.5	0.05	0.50–0.6	...	...	0.05	...	0.20
356.1	A03561	S,P	6.5–7.5	0.50 <sup>G</sup>	0.25	0.35 <sup>G</sup>	0.25–0.45	...	...	0.35	...	0.25
356.2	A03562	S,P	6.5–7.5	0.13–0.25	0.10	0.05	0.30–0.45	...	...	0.05	...	0.20
A356.2	A13562	S,P	6.5–7.5	0.12	0.10	0.05	0.30–0.45	...	...	0.05	...	0.20
357.1	A03571	P	6.5–7.5	0.12	0.05	0.03	0.45–0.6	...	...	0.05	...	0.20
A357.2	A13570	P	6.5–7.5	0.12	0.10	0.05	0.45–0.7	...	...	0.05	...	0.04–0.20
359.2	A03592	P	8.5–9.5	0.12	0.10	0.10	0.55–0.7	...	...	0.10	...	0.20
443.1	A04431	S,P	4.5–6.0	0.6	0.6	0.50	0.05	0.25	...	0.50	...	0.25
443.2	A04432	S,P	4.5–6.0	0.6	0.10	0.10	0.05	...	...	0.10	...	0.20
B443.1	A24431	S,P	4.5–6.0	0.6	0.15	0.35	0.05	...	...	0.35	...	0.25
A444.2	A14442	P	6.5–7.5	0.12	0.05	0.05	0.05	...	...	0.05	...	0.20
513.2 <sup>F</sup>	A05132	P	0.30	0.30	0.10	0.10	3.6–4.5	...	...	1.4–2.2	...	0.20
514.1	A05141	S	0.35	0.40	0.15	0.35	3.6–4.5	...	...	0.15	...	0.25
514.2	A05142	S	0.30	0.30	0.10	0.10	3.6–4.5	...	...	0.10	...	0.20
520.2	A05202	S	0.15	0.20	0.20	0.10	9.6–10.6	...	...	0.10	...	0.20
535.2	A05352	S,P	0.10	0.10	0.05	0.10–0.25	6.6–7.5	...	...	...	...	0.10–0.25
705.1	A07051	S,P	0.20	0.6	0.20	0.40–0.6	1.5–1.8	0.20–0.40	...	2.7–3.3	...	0.25
707.1	A07071	S,P	0.20	0.6	0.20	0.40–0.6	1.9–2.4	0.20–0.40	...	4.0–4.5	...	0.25

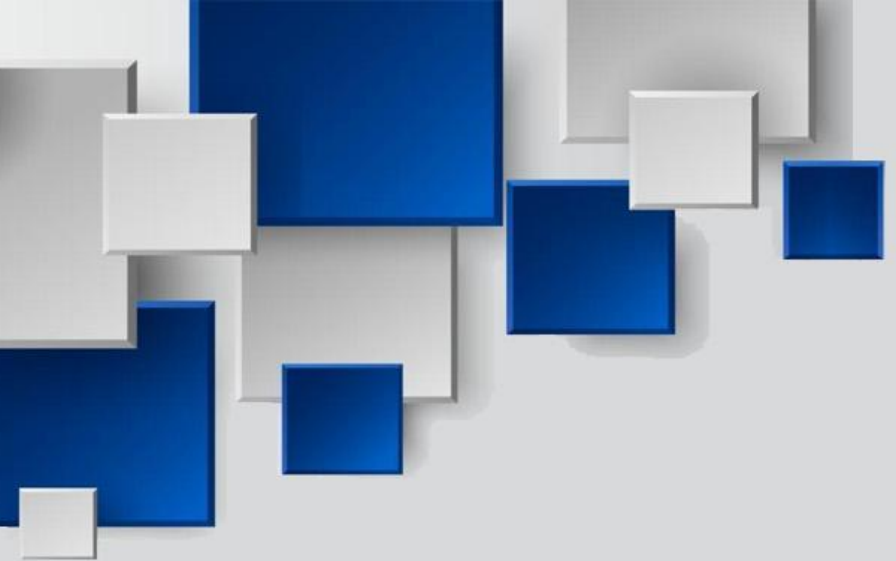
Alloy		Temper <sup>B</sup>	Tensile Strength, min, ksi	Yield Strength (0.2 % offset), min, ksi	Elongation in 2 in. or 4 x diameter, min, %	Typical Brinell Hard- ness, <sup>C</sup> 500 kgf, 10 mm
ANSI <sup>D</sup>	UNS					
201.0	A02010	T7	60.0	50.0	3.0	...
204.0	A02040	T4	45.0	28.0	6.0	...
242.0	A02420	O <sup>E</sup>	23.0	<i>F</i>	<i>F</i>	70
		T61	32.0	20.0	<i>F</i>	105
A242.0	A12420	T75	29.0	<i>F</i>	1.0	75
295.0	A02950	T4	29.0	13.0	6.0	60
		T6	32.0	20.0	3.0	75
		T62	36.0	28.0	<i>F</i>	95
		T7	29.0	16.0	3.0	70
319.0	A03190	F	23.0	13.0	1.5	70
		T5	25.0	<i>F</i>	<i>F</i>	80
		T6	31.0	20.0	1.5	80
328.0	A03280	F	25.0	14.0	1.0	60
		T6	34.0	21.0	1.0	80
355.0	A03550	T6	32.0	20.0	2.0	80
		T51	25.0	18.0	<i>F</i>	65
		T71	30.0	22.0	<i>F</i>	75
C355.0	A33550	T6	36.0	25.0	2.5	...
356.0	A03560	F	19.0	9.5	2.0	55
		T6	30.0	20.0	3.0	70
		T7	31.0	<i>F</i>	<i>F</i>	75
		T51	23.0	16.0	<i>F</i>	60

443.0	A04430	F	17.0	7.0	3.0	40
B443.0	A24430	F	17.0	6.0	3.0	40
512.0	A05120	F	17.0	10.0	...	50
514.0	A05140	F	22.0	9.0	6.0	50
520.0	A05200	T4	42.0	22.0	12.0	75
535.0	A05350	F	35.0	18.0	9.0	70
705.0	A07050	T5	30.0	17.0 <sup>G</sup>	5.0	65
707.0	A07070	T7	37.0	30.0 <sup>G</sup>	1.0	80
710.0 <sup>H</sup>	A07100	T5	32.0	20.0	2.0	75
712.0 <sup>H</sup>	A07120	T5	34.0	25.0 <sup>G</sup>	4.0	75
713.0	A07130	T5	32.0	22.0	3.0	75
771.0	A07710	T5	42.0	38.0	1.5	100
		T51	32.0	27.0	3.0	85
		T52	36.0	30.0	1.5	85
		T6	42.0	35.0	5.0	90
		T71	48.0	45.0	2.0	120
850.0	A08500	T5	16.0	<i>F</i>	5.0	45
851.0 <sup>H</sup>	A08510	T5	17.0	<i>F</i>	3.0	45
852.0 <sup>H</sup>	A08520	T5	24.0	18.0	<i>F</i>	60

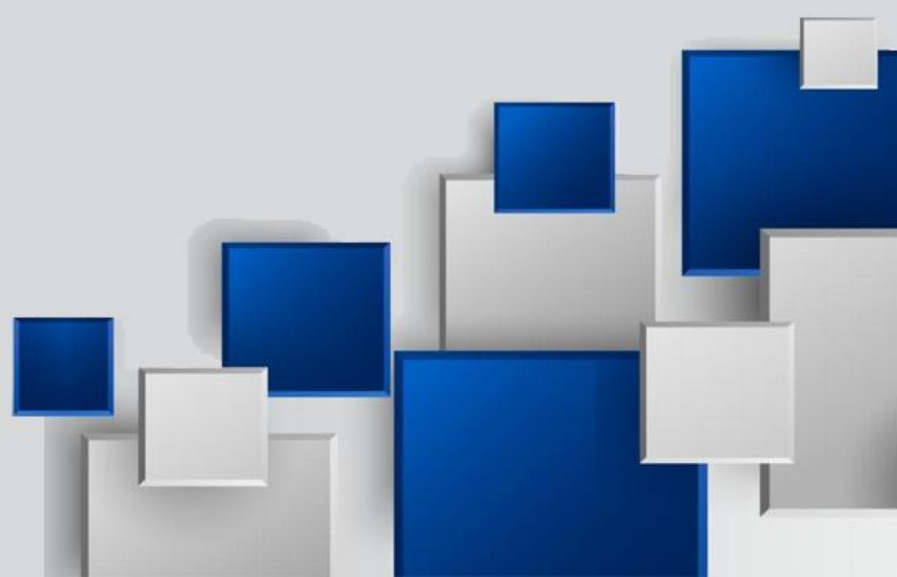
AA No. (ANSI)	(old) ASTM	UNS	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Sn
360.0	SG100B	A03600	9.00-10.00	2.00	0.60	0.35	0.4-0.60	...	0.50	0.50	...	0.15
A360.0	SG100A	A13600	9.00-10.00	1.30	0.60	0.35	0.40-0.60	...	0.50	0.50	...	0.15
380.0	SC84B	A03800	7.50-9.50	2.00	3.00-4.00	0.50	0.10	...	0.50	3.00	...	0.35
A380.0 <sup>G</sup>	SC84C	A13800	7.50-9.50	1.30	3.00-4.00	0.50	0.10	...	0.50	3.00	...	0.35
383.0 <sup>G</sup>	SC102A	A03830	9.50-11.50	1.30	2.00-3.00	0.50	0.10	...	0.30	3.00	...	0.15
384.0 <sup>G</sup>	SC114A	A03840	10.50-12.00	1.30	3.00-4.50	0.50	0.10	...	0.50	3.00	...	0.35
390.0	SC174A	A03900	16.00-18.00	1.30	4.00-5.00	0.10	0.45-0.65	...	...	0.10	0.20	...
B390.0	SC174B	A23900	16.00-18.00	1.30	4.00-5.00	0.50	0.45-0.65	...	0.10	1.50	0.10	...
392.0	S19	A03920	18.00-20.00	1.50	0.40-0.80	0.20-0.60	0.80-1.20	...	0.50	0.50	0.20	0.30
413.0	S12B	A04130	11.00-13.00	2.00	1.00	0.35	0.10	...	0.50	0.50	...	0.15
A413.0	S12A	A14130	11.00-13.00	1.30	1.00	0.35	0.10	...	0.50	0.50	...	0.15
C443.0	S5C	A34430	4.50-6.00	2.00	0.60	0.35	0.10	...	0.50	0.50	...	0.15
518.0	G8A	A05180	0.35	1.80	0.25	0.35	7.50-8.50	...	0.15	0.15	...	0.15

Alloy		UNS <sup>B</sup>	Tensile Strength, ksi (MPa)	Yield Strength (0.2 % Offset), ksi (MPa)	Elongation in 2 in. or 50 mm, %	Shear Strength, ksi (MPa)	Fatigue Strength (R. R. Moore Specimen), 500,000,000 cycles, ksi (MPa)
ANSI <sup>A</sup>	ASTM <sup>B</sup>						
360.0	SG100B	A03600	44(300)	25(170)	2.5	28(190)	20(140)
A360.0	SG100A	A13600	46(320)	24(170)	3.5	26(180)	18(120)
380.0	SC84B	A03800	46(320)	23(160)	2.5	28(190)	20(140)
A380.0	SC84A	A13800	47(320)	23(160)	3.5	27(190)	20(140)
383.0	SC102A	A03830	45(310)	22(150)	3.5	...	...
384.0	SC114A	A03840	48(330)	24(170)	2.5	29(200)	20(140)
390.0	SC174A	A03900	40.5(280)	35.0(240)	<1	...	...
B390.0	SC174B	A23900	46.0(320)	36.0(250)	<1	...	...
392.0	S19	A03920	42.0(290)	39.0(270)	<1	...	...
413.0	S12B	A04130	43(300)	21(140)	2.5	25(170)	19(130)
A413.0	S12A	A14130	42(290)	19(130)	3.5	25(170)	19(130)
C443.0	S5C	A34430	33(230)	14(100)	9.0	19(130)	17(120)
518.0	G8A	A05180	45(310)	28(190)	5	29(200)	20(140)





# Aleaciones base aluminio más comunes



# Familias más importantes de aleaciones base Al

**Al-Cu**

**Al-Cu-Si**

**Al-Si**

**Al-Mg**

**Al-Zn**

**Al-Sn**

**Al-Li**

**Compositos colados de matriz base Al**

**Aluminum-copper alloys.** Contienen de 4 a 5% de Cu, con el hierro y las impurezas habituales de silicio y, a veces con pequeñas cantidades de magnesio, son tratables térmicamente y puede alcanzar altas resistencias bastante altas y ductilidades, especialmente si se han preparado a partir de lingote que contiene menos de 0,15% de Fe. Las aleaciones aluminio-cobre son aleaciones monofásicas. A diferencia de las aleaciones de silicio, no hay una segunda fase del líquido en las últimas etapas de la solidificación. Cuando esté disponible, una segunda fase ayudará a la alimentación requerida de zonas de contracción y ayudará a compensar las tensiones de solidificación.

Cuando estas aleaciones y otras aleaciones monofásicas, se utilizan en molde permanente o de otros métodos de colada del molde duro, se requieren técnicas especiales para disminuir las tensiones de solidificación. Algunas técnicas cuidadosas también suelen ser necesarios para promover el progreso de la solidificación del metal de las zonas remotas de la pieza colada a las zonas más calientes de colada. Cuando estas técnicas de fundición son necesarias y más exigente se utilizan, las aleaciones aluminio cobre pueden y han sido utilizadas con éxito para producir piezas de fundición de alta resistencia y alta ductilidad.

En términos de adiciones de elementos aleantes, el manganeso se agrega en pequeñas cantidades, principalmente para combinarse con el hierro y el silicio y reducir el efecto de fragilización de fases esencialmente insolubles. Sin embargo, estas aleaciones tienen una colabilidad pobre y requieren un diseño de sistemas de coladas y alimentación más cuidadoso. Estas aleaciones se utilizan principalmente en la fundición en arena, cuando se moldean en moldes de metal, se debe añadir silicio para aumentar la fluidez y reducir la fragilidad en caliente, y esta adición de silicio sustancialmente reduce la ductilidad.

Las aleaciones Al-Cu con contenidos de cobre algo mayores (7 a 8%), anteriormente las aleaciones de aluminio más comunes para fundición, han sido constantemente sustituido por aleaciones Al-Cu-Si y hoy en día se utilizan muy poco. El mejor atributo de Al-Cu-aleaciones de cobre mayor es su insensibilidad a las impurezas. Sin embargo, estas aleaciones muestran una resistencia muy baja y una baja colabilidad. También en uso limitado son aleaciones de Al-Cu que contienen 9 a 11% Cu, cuya resistencia a alta temperatura y resistencia al desgaste son atractivos para su uso en aeronaves y cabezas de cilindro en automotores (diesel) pistones y bloques de cilindros.

Presentan muy buena resistencia a alta temperatura cuando se combina cobre, níquel y magnesio, a veces con hierro en lugar del níquel

**Aluminum-Copper-Silicon Alloys** Las aleaciones de aluminio más ampliamente utilizados de colada son los que contienen silicio y cobre.

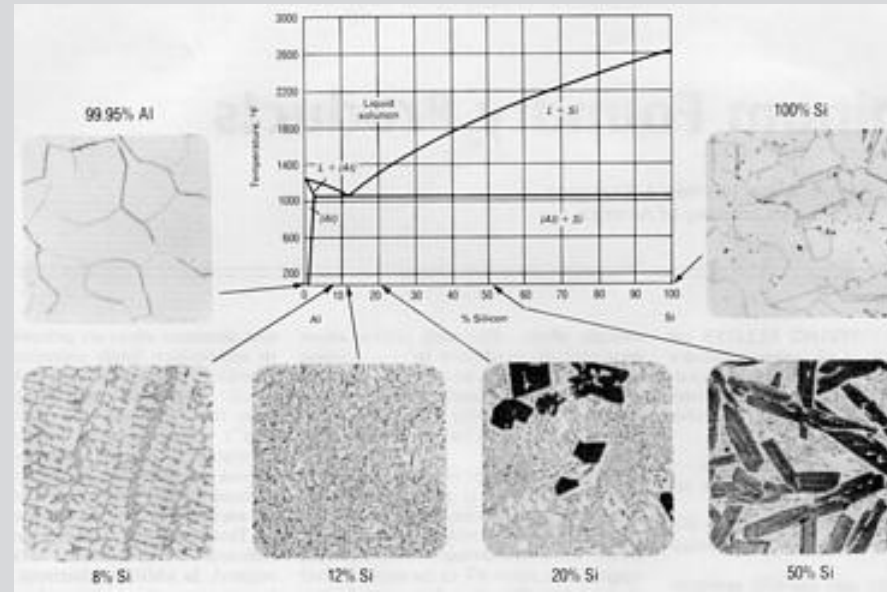
Las cantidades de ambas adiciones varían ampliamente, de modo que el cobre predomine en algunas aleaciones y el silicio en otros. En estas aleaciones, el cobre contribuye a la resistencia y el silicio mejora la colabilidad y reduce la fragilidad en caliente, por lo que el un porcentaje mayor de silicio en las aleaciones se utiliza para las piezas más complejas y para molde permanente y fundición a presión que a menudo requieren el uso de técnicas más exigentes de colada para evitar problemas con las aleaciones con rangos cortos de solidificación.

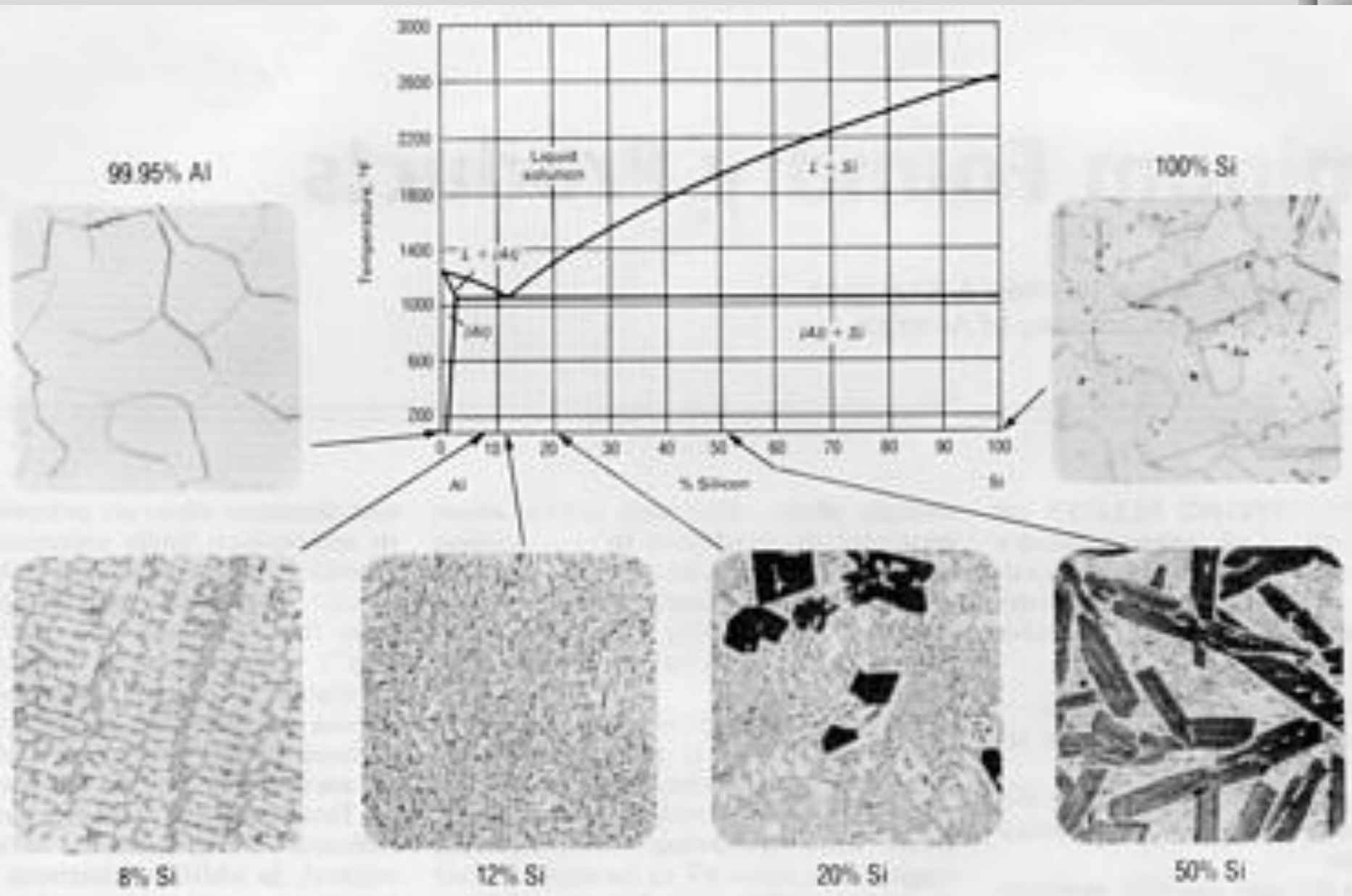
Las aleaciones Al-Cu-Si con más de 3 a 4% Cu son tratables térmicamente, pero por lo general el tratamiento térmico se utiliza sólo con aquellas aleaciones que contienen magnesio, lo que aumenta su respuesta al tratamiento térmico. Las aleaciones de silicio alto (> 10% Si) tienen baja expansión térmica, una ventaja en algunas operaciones a alta temperatura. Cuando el contenido de silicio excede de 12 a 13% (contenidos de silicio de hasta 22% son típicos), hay presencia de cristales primarios de silicio bien distribuidos, tienen una excelente resistencia al desgaste. En monobloks de automóvil y los pistones son los usos principales de estas aleaciones hipereutécticas

**Aleaciones de aluminio-silicio** que no contienen adiciones de cobre se utilizan cuando se requiere una buena colabilidad y una buena resistencia a la corrosión. Las microestructuras de los componentes puros y de varias composiciones intermedias se muestran en la figura. Las composiciones intermedias son mezclas de aluminio que contiene aproximadamente 1% de Si en la solución sólida como la fase continua, con partículas de silicio esencialmente puro. Las aleaciones con menos de 12% de Si se conocen como hipoeutécticas, la de 12% de Si como eutéctica, y aquellos con más de 12% de Si como hipereutéctica.

Si se requiere una alta resistencia y dureza, se adiciona magnesio y este hace que las aleaciones sean susceptibles al TT. Las aleaciones con contenido de silicio debajo de 2% se han utilizado para la fundición, pero el contenido de silicio es por lo general entre 5 y 13%. La Resistencia y ductilidad de estas aleaciones, especialmente aquellos con mayor silicio, se puede mejorar sustancialmente mediante la modificación de la fase eutéctica de Al-Si.

La modificación de las aleaciones de hipoeutéctica (<12% de Si) es particularmente ventajosa en piezas de fundición de arena y se puede lograr una efectividad a través de la adición de una cantidad controlada de sodio o estroncio, que modifica la fase eutéctica. Las adiciones de calcio y el antimonio también se utilizan.







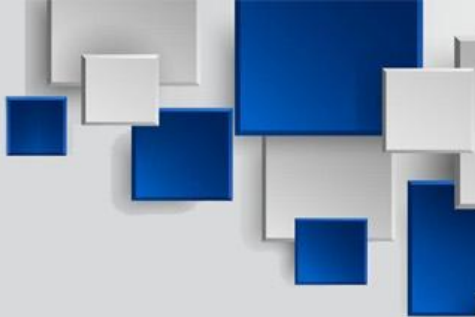
**Las aleaciones Aluminio-Magnesio** son esencialmente aleaciones de colada de una sola fase, son aleaciones binarias con una moderada alta resistencia y tenacidad. Alta resistencia a la corrosión, especialmente en agua de mar y/o atmósferas marinas, es la principal ventaja de piezas moldeadas con estas aleaciones de Al-Mg. Para tener una mejor resistencia a la corrosión requiere bajos contenidos de impurezas (tanto sólida y gaseosa), y por lo tanto las aleaciones debe producirse a partir de metales o metería prima de alta calidad. Estas aleaciones son adecuadas para ensambles que requieran ser soldados y se utilizan a menudo en la arquitectura decorativa o de construcción. Las aleaciones Aluminio-magnesio también tienen una buena maquinabilidad y una apariencia atractiva cuando son anodizadas. En comparación con el las aleaciones aluminio-silicio, todas las aleaciones de aluminio-magnesio requieren más cuidado en sistema de coladas. Esto a menudo significa que los corredores y alimentadores deben de ser más grandes. También, la fusión debe de ser cuidadosa, así como cuando se esta vaciando ya que tiene una mayor tendencia a oxidarse. Este cuidado es también necesario porque muchas de las aplicaciones de estas aleaciones requieren de un pulido y/o superficie de acabado muy fino, donde los defectos causados por inclusiones de óxido están particularmente inherentes en el proceso. La colabilidad es relativamente baja y la tendencia del magnesio a oxidarse aumentar las dificultades de para poder manejarlo, por lo tanto, el costose incrementa

**Las aleaciones Aluminio-zinc-magnesio** con un envejecido natural, se logra una buena dureza, entre 20 a 30 días a temperatura ambiente después de ser fundidas. Este proceso de fortalecimiento puede ser acelerado por el envejecimiento artificial. La alta temperatura de la solución en el tratamiento térmico y drástico enfriamiento requeridos por otras aleaciones por ejemplo las aleaciones Al-Cu. En las aleaciones de Al-Si-Mg, no son necesarias estas altas temperaturas para obtener unas propiedades óptimas. Sin embargo, la microsegregación de fases de Mg-Zn puede presentarse en estas aleaciones, lo cual invierte estos resultados.

Este tratamiento es muy común cuando se obtienen bajas resistencia en las secciones delgadas o con una alta velocidad de enfriamiento en secciones gruesas, por lo que esto se puede revertir con un tratamiento térmico en solución y temple, seguido por un envejecimiento natural o artificial. Estas aleaciones tienen propiedades de tracción moderada a buena en el estado bruto de colada. Con un recocido, tienen buena estabilidad dimensional. Las aleaciones tienen una buena maquinabilidad (y una buena resistencia a la corrosión en general, a pesar de algunas aleaciones tienen la susceptibilidad a la corrosión por tensión. En general no se recomienda para el servicio a temperaturas elevadas. Las propiedades de estas aleaciones como la resistencia a la tracción se desarrollan a temperatura ambiente durante las primeras semanas después de la fundición, debido al endurecimiento por precipitación. a partir de este proceso continúa a un ritmo cada vez más lento. Tratamientos térmicos como el T6 y T7 pueden ser aplicados a la 707,0, 771,0, 772,0 y aleaciones. La colabilidad de Al-Zn-Mg aleaciones es baja, debe de tener un control muy cuidadoso de las condiciones de solidificación, para producir piezas sin defectos de Fundición. Moderados gradientes de temperatura son necesarios para asegurar una alimentación adecuada para evitar la contracción y posibles defectos.

defect-free castings. Moderate to steep temperature gradients are required to assure adequate feeding to prevent shrinkage defects. Hot tear cracking where resistance to contraction during solidification and cooling is resisted. However, good foundry techniques and control have enabled well-qualified sand foundries to produce relatively intricate castings. Permanent mold castings, except for relatively simple designs, can be difficult.

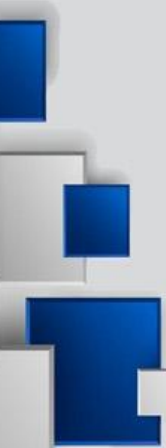


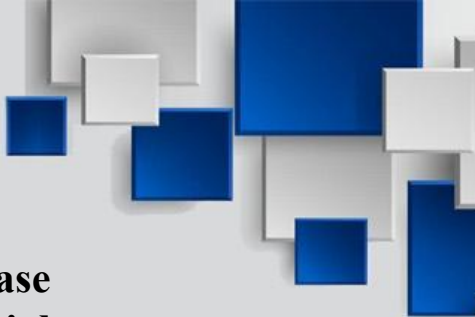


**Aleaciones de aluminio-estaño** que contienen aproximadamente 6% de Sn y pequeñas cantidades de cobre y níquel para fortalecimiento, se utilizan para la fundición de cojinetes debido a la excelente lubricidad impartida por el estaño. Estas aleaciones que contienen estaño fueron desarrolladas para soportar aplicaciones en las que la capacidad de carga, resistencia a la fatiga y la resistencia a la corrosión por combustión son criterios importantes. Los rodamientos de las aleaciones de aluminio-estaño son superiores en general a los rodamientos utilizando otros materiales. Las latas de aluminio de fundición de aleaciones de 850,0, 851,0, 852,0 y se puede hacer por moldeo en arena o moldes permanentes. Sin embargo, 850,0 (6.3Sn-1 Ni Cu-1) y 852.0 (6.3Sn-2 Cu-Ni-1.2 0,8 mg) por lo general se cueban en moldes permanentes. Las principales aplicaciones son para bielas y los cojinetes del cárter para motores diesel. Rodamientos, tales como grandes rodamientos del tren de laminación, por lo general son de aleación de 851,0 (2,5 6.3Sn-Si-1CU-0.5Ni). El rendimiento de los rodamientos de las aleaciones de Al-Sn se ve fuertemente afectado por el método de colada. La Distribución Fina interdendrítica de estaño, que es necesaria para las propiedades óptimas del rodamiento, se requiere espaciado interdendrítico pequeño, y el espaciamiento pequeño se logra con enfriamiento rápido. Desde un punto de vista de la fundición, el sistema de aleación de aluminio-estaño es único. En el molde, la solidificación comienza a aproximadamente 650° C (1200 ° F) y los constituyentes de la aleación de estaño son líquidos hasta 229° C (444 ° F). La solidificación rápida debe evitarse para no tener macrosegregación excesiva. Algunas aleaciones como la 850,0 son trabajadas en frío medianamente, y permite una la reducción de la dimensión axial del 4% con un (T101 temperamento). Esto proporciona un sustancial aumento de la resistencia a la fluencia a la compresión

**Las aleaciones de aluminio y litio** de fundición pueden ofrecer los mismos beneficios que sus contrapartes de metalmecánica pero no se han desarrollado o comercializado al igual que las aleaciones de litio aluminio forjadas. Las aleaciones aluminio-litio metalmecánicas y de fundición son principalmente aleaciones aluminio-cobre con adiciones de litio para reducir el peso y mejorar la fuerza.


El comportamiento de ambas aleaciones de Al-Li fundidas y metalmecánica difiere de las aleaciones de aluminio convencionales en términos de mecanismos de fractura y efectos de la temperatura sobre las propiedades mecánicas. A diferencia de las aleaciones de aluminio convencionales, la dureza de las aleaciones de Al-Li no aumenta al aumentar la temperatura de envejecimiento. Los beneficios de la reducción de la densidad y módulo de elasticidad mejoradas son los incentivos principales en el desarrollo de aleaciones de Al-Li.





**Aluminio-Base Metal-Matrix Composite (MMC)** para la fundición. Aunque los compuestos base aluminio ofrecen excepcional rigidez específica (módulo elástico-a-peso), el desarrollo inicial (antes de 1986) de compuestos base aluminio fue necesario un desarrollo de métodos de energía mejores o de mano de obra, tales como metalurgia de polvo, pulverización térmica, unión por difusión, y la fundición de alta presión. Ninguno de los compuestos o productos de pulvimetalurgio podían fundirse como se producen las otras aleaciones, por lo tanto cada uno resultó ser prohibitivo para la mayoría de las aplicaciones, incluso en el sector aeroespacial / defensa.

Hay un método lingote-metalúrgica para producir piezas por moldeo de MMC base de aluminio con el nombre comercial de Duralcan se introdujo en 1986. El producto consiste en obtener en forma de lingote de fundición, las cuales hay aleaciones de fundición con 10, 15, o 20% en volumen de partículas de carburo de silicio (SiC). La característica más atractiva de este producto es su bajo costo, especialmente en los niveles de producción industrial y su capacidad para fundirse sin un deterioro de las propiedades. El lingote del compuesto Al-SiC puede fundirse en forma sencilla, utilizando las prácticas normales que se aplican en las otras aleaciones de aluminio. Los métodos de vaciado han demostrado un éxito hasta la fecha, los cuales han sido por moldeo en arena, molde permanente, molde permanente de baja presión y de alta presión



## Selección de la aleación de colada

- 1) Proceso de fundición: fluidez, resistencia ala fractura en caliente, rango de solidificación
- 2) Diseño de la pieza: rango de solidificación, resistencia ala fractura en caliente, fluidez, adherencia al dado de moldeo (die casting)
- 3) Propiedades mecánicas solicitadas: resistencia y ductilidad, respuesta al tratamiento térmico, dureza
- 4) Requerimientos de servicio: R. a la presión (pressure tightness) , R. a la corrosión, tratamiento superficial, estabilidad dimensional y térmica
- 5) Aspecto económico: maquinabilidad, soldabilidad, costos de lingote y fusión, tratamiento térmico

# Propiedades Físicas

- Condición (tratamiento) y proceso de fundición (Temper and product form)
- Gravedad específica (Specific gravity)
- Densidad
- Rango de fusión (Melting range)
- Conductividad térmica
- Coeficiente de expansión térmica

# Propiedades tecnológicas

- Resistencia a la fractura en caliente (Resistance Hot Cracking)
- Tenacidad bajo presión (Pressure Tightness)
- Fluidéz (Fluidity)
- Tendencia a la contracción (Shrinkage tendency)
- Resistencia a la corrosión (Corrosion resistance)
- Maquinabilidad (Machinability)
- Soldabilidad (Weldability)

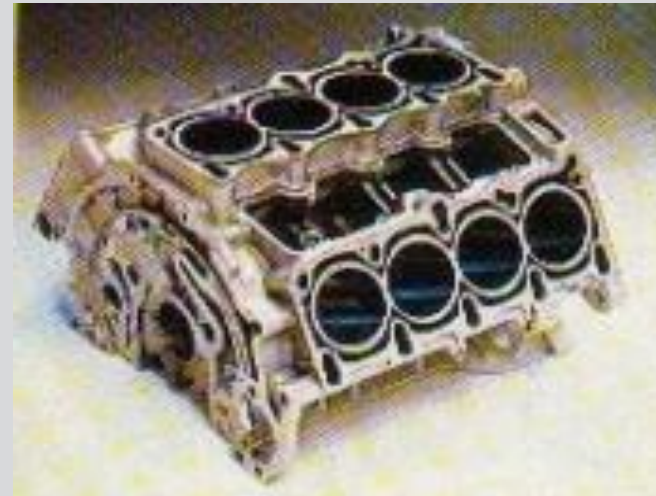
# Propiedades y características detalladas por aleación

- Especificaciones y equivalencias
- Composición Química
- Aplicaciones
- Propiedades mecánicas
- Propiedades mecánicas por barras separadas (en condiciones de colada y/o con tratamiento térmico)
- Propiedades en función de la temperatura
- Resistencia a la compresión
- Resistencia al creep ó termofluencia
- Características de masa: densidad
- Propiedades térmicas: temperaturas de liquidus y solidus
- Coeficiente de expansión térmica
- Propiedades termofísicas
- Propiedades eléctricas
- Características de fabricación o manufactura

# EJEMPLOS DE APLICACIONES ESPECÍFICAS DE PIEZAS DE FUNDICIÓN (comentar criterios de selección)



**Nombre:** rin automotriz  
**Aleación:** Al-7Si-Sr (356.0)



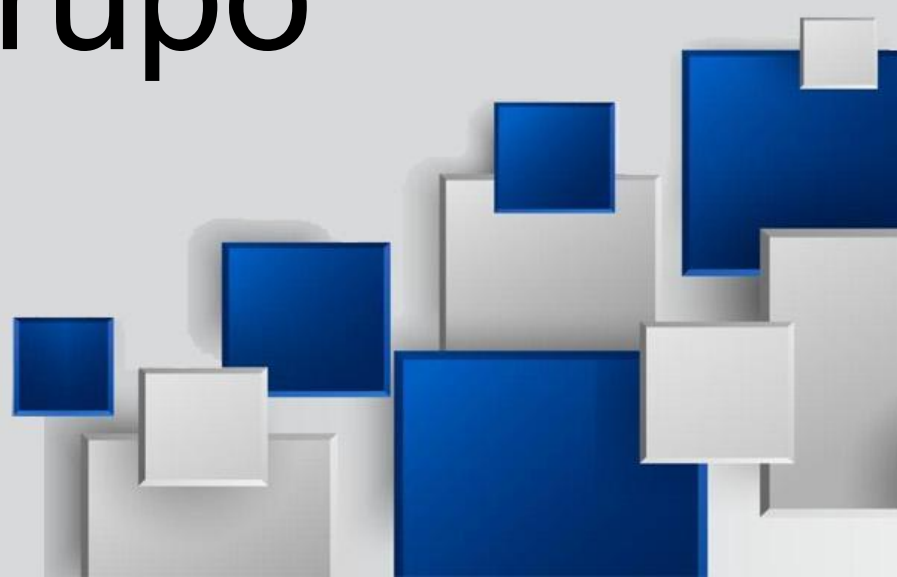
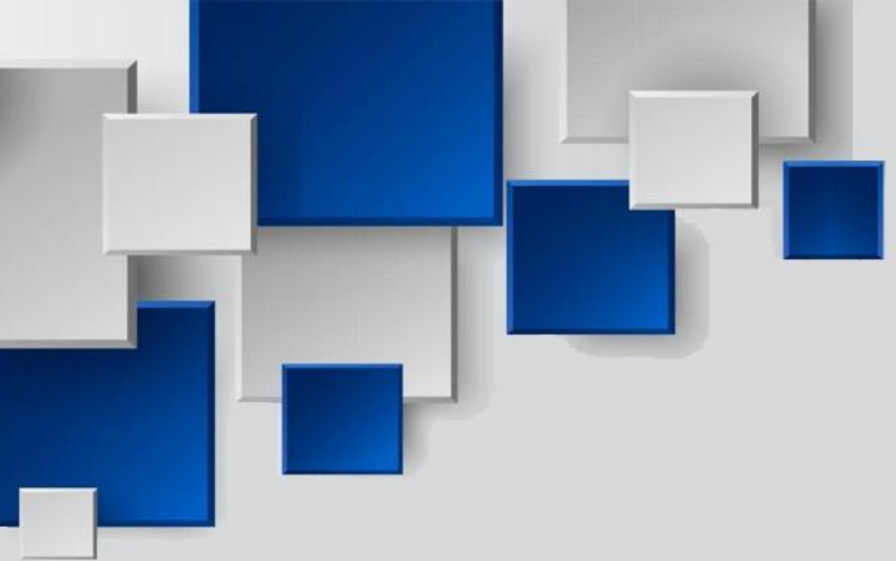
**Nombre:** monoblock  
**Aleación:** Al-9Si (460.0)





**Nombre: turbocargador**

**Aleación: Al-15Si-P**



# Descripción de aleaciones por grupo



Aluminum-copper alloys that contain 4 to 5% Cu, with the usual impurities iron and silicon and sometimes with small amounts of magnesium, are heat treatable and can reach quite high strengths and ductilities, especially if prepared from ingot containing less than 0.15% Fe. The aluminum-copper alloys are single-phase alloys. Unlike the silicon alloys, there is no highly fluid second phase available at the late stages of solidification. When available, a second phase will aid the required feeding of shrinkage areas and will help compensate for solidification stresses.

~~When these alloys, and other single-phase alloys, are cast using permanent mold or other rigid mold casting methods,~~ special techniques are required to relieve solidification stresses. Careful techniques are also usually needed to promote the progress of the metal solidification from the remote areas of the casting to the hotter and more liquid casting areas, to the risers, and then to the riser feeders. When these necessary and more exacting casting techniques are used, the aluminum-copper alloys can and have been successfully used to produce high-strength and high-ductility castings. More exacting casting techniques are also helpful and required when casting other single-phase aluminum casting alloys or alloy systems.

In terms of alloy additions, manganese in small amounts may be added, mainly to combine with the iron and silicon and reduce the embrittling effect of essentially insoluble phases. However, these alloys demonstrate poor castability and require more carefully designed gating and more extensive risering if sound castings are to be obtained. Such alloys are used mainly in sand casting; when they are cast in metal molds, silicon must be added to increase fluidity and curtail hot shortness, and this addition of silicon substantially reduces ductility.

Al-Cu alloys with somewhat higher copper contents (7 to 8%), formerly the most commonly used aluminum casting alloys, have steadily been replaced by Al-Cu-Si alloys and today are used to a very limited extent. The best attribute of higher-copper Al-Cu alloys is their insensitivity to impurities. However, these alloys display very low strength and only fair castability.

Also in limited use are Al-Cu alloys that contain 9 to 11% Cu, whose high-temperature strength and wear resistance are attractive for use in aircraft cylinder heads and in automotive (diesel) pistons and cylinder blocks.

Very good high-temperature strength is an attribute of alloys containing copper, nickel, and magnesium, sometimes with iron in place of part of the nickel.

**Aluminum-Copper-Silicon Alloys.** The most widely used aluminum casting alloys are those that contain silicon and copper. The amounts of both additions vary widely, so that the copper predominates in some alloys and the silicon in others. In these alloys, the copper contributes to strength, and the silicon improves castability and reduces hot shortness; thus, the higher-silicon alloys normally are used for more complex castings and for permanent mold and die casting processes, which often require the use of more exacting casting techniques to avoid problems with hot-short alloys.

Al-Cu-Si alloys with more than 3 to 4% Cu are heat treatable, but usually heat treatment is used only with those alloys that also contain magnesium, which enhances their response to heat treatment. High-silicon alloys (>10% Si) have low thermal expansion, an advantage in some high-temperature operations. When silicon content exceeds 12 to 13% (silicon contents as high as 22% are typical), primary silicon crystals are present, and if properly distributed, impart excellent wear resistance. Automotive engine blocks and pistons are major uses of these hypereutectic alloys.

**Aluminum-silicon alloy:** that do not contain copper additions are used when good castability and good corrosion resistance are needed. Metallographic structures of the pure components and of several intermediate compositions are shown in Fig. 1. The intermediate compositions are mixtures of aluminum containing about 1% Si in solid solution as the continuous phase, with particles of essentially pure silicon. Alloys with less than 12% Si are referred to as hypoeutectic, those with close to 12% Si as eutectic, and those with over 12% Si as hypereutectic.

If high strength and hardness are needed, magnesium additions make these alloys heat treatable. Alloys with silicon contents as low as 2% have been used for casting, but silicon content usually is between 5 and 13%. Strength and ductility of these alloys, especially those with higher silicon, can be substantially improved by modification of the Al-Si eutectic. Modification of hypoeutectic alloys (<12% Si) is particularly advantageous in sand castings and can be effectively achieved through the addition of a controlled amount of sodium or strontium, which refines the eutectic phase. Calcium and antimony additions are also used. Pseudomodification, in which the fineness of the eutectic but not the structure is affected, may be achieved by control of solidification rates.

In hypereutectic Al-Si alloys, refinement of the proeutectic silicon phase by phosphorus additions is essential for casting and product performance.



*Aluminum-magnesium casting alloys* are essentially single-phase binary alloys with moderate-to-high strength and toughness properties. High corrosion resistance, especially to seawater and marine atmospheres, is the primary advantage of castings made of Al-Mg alloys. Best corrosion resistance requires low impurity content (both solid and gaseous), and thus alloys must be prepared from high-quality metals and handled with great care in the foundry. These alloys are suitable for welded assemblies and are often used in architectural and other decorative or building needs. Aluminum-magnesium alloys also have good machinability and an attractive appearance when anodized. In comparison to the aluminum-silicon alloys, all the aluminum-magnesium alloys require more care in gating and greater temperature gradients to produce sound castings. This often means more chilling and larger risers. Also, careful melting and pouring practices are needed to compensate for the greater oxidizing tendency of these alloys when molten. This care is also needed because many of the applications of these alloys require polishing and/or fine surface finishing, where defects caused by oxide inclusions are particularly undesirable. The relatively poor castability of Al-Mg alloys and the tendency of the magnesium to oxidize increase handling difficulties, and therefore, cost.

*Aluminum-Zinc-magnesium alloys* naturally age, achieving full strength by 20 to 30 days at room temperature after casting. This strengthening process can be accelerated by artificial aging. The high-temperature solution heat treatment and drastic quenching required by other alloys (Al-Cu and Al-Si-Mg alloys, for example) are not necessary for optimum properties in most Al-Zn-Mg alloy castings. However, microsegregation of Mg-Zn phases can occur in these alloys, which reverses the accepted rule that faster solidification results in higher as-cast properties. When it is found in an Al-Zn-Mg alloy casting that the strength of the thin or highly chilled sections are lower than the thick or slowly cooled sections, the weaker sections can be strengthened to the required level by solution heat treatment and quenching, followed by natural or artificial (furnace) aging.

These alloys have moderate to good tensile properties in the as-cast condition. With annealing, good dimensional stability in use is developed. The eutectic melting points of alloys of this group are high, an advantage in castings that are to be assembled by brazing. The alloys have good machinability (and resistance to general) corrosion, despite some susceptibility to stress corrosion). They are not generally recommended for service at elevated temperatures. The tensile properties of these alloys develop at room temperatures during the first few weeks after casting due to precipitation hardening. This process continues thereafter at a progressively slower rate. Heat treatments of the T6 and T7 type may be applied to the 707.0, 771.0, and 772.0 alloys.

Castability of Al-Zn-Mg alloys is poor, and careful control of solidification conditions is required to produce sound, defect-free castings. Moderate to steep temperature gradients are required to assure adequate feeding to prevent shrinkage defects. Hot tear cracking where resistance to contraction during solidification and cooling is resisted. However, good foundry techniques and control have enabled well-qualified sand foundries to produce relatively intricate castings. Permanent mold castings, except for relatively simple designs, can be difficult.

**Aluminum-tin alloys** that contain about 6% Sn (and small amounts of copper and nickel for strengthening) are used for cast bearings because of the excellent lubricity imparted by tin. These tin-containing alloys were developed for bearing applications (in which load-carrying capacity, fatigue strength, and resistance to corrosion by internal-combustion lubricating oil are important criteria). Bearings of aluminum-tin alloys are superior overall to bearings made using most other materials.

Aluminum-tin casting Alloys 850.0, 851.0, and 852.0 can be cast in sand or permanent molds. However, 850.0 (6.3Sn-1 Cu-1 Ni) and 852.0 (6.3Sn-2 Cu-1.2 Ni-0.8Mg) usually are cast in permanent molds. Major applications are for

connecting rods and crankcase bearings for diesel engines. Sand cast bearings, such as large rolling mill bearings, usually are made of alloy 851.0 (6.3Sn-2.5 Si-1Cu-0.5Ni).

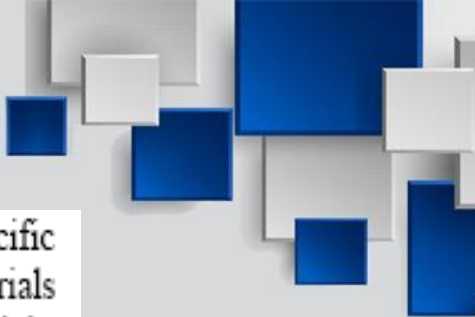
Bearing performance of Al-Sn alloys is strongly affected by casting method. Fine interdendritic distribution of tin, which is necessary for optimum bearing properties, requires small interdendritic spacing, and small spacing is obtained only with casting methods in which cooling is rapid.

From a foundry standpoint, the aluminum-tin alloy system is unique. In the mold, the solidification starts at about 650 °C (1200 °F), and the tin constituents of the alloy are liquid until 229 °C (444 °F). This extremely large solidification range presents unique problems. Rapid solidification rates are recommended to avoid excessive macrosegregation.

Some 850.0 T5 castings are cold worked by reducing the axial dimension 4% (T101 temper). This provides a substantial increase in the compressive yield strength.


*Aluminum-lithium casting alloys* may offer the same benefits as their wrought counterparts but have not been developed or commercialized as have the wrought aluminum-lithium alloys. (See the article "Aluminum-Lithium Alloys" in this Volume.) The wrought and cast aluminum-lithium alloys consist of aluminum-copper alloys with lithium additions to reduce weight and improve strength.

The behavior of both cast and wrought Al-Li alloys differs from conventional aluminum alloys in terms of fracture mechanisms and temperature effects on mechanical properties. Unlike conventional aluminum alloys, the toughness of Al-Li alloys does not increase with increasing aging temperature beyond the point of overaging (that is, the point required for peak strength). The benefits of reduced density and improved modulus of elasticity are the main incentives in the development of Al-Li alloys.



*Aluminum-Base Metal-Matrix Composite (MMC) for casting.* Although aluminum-ceramic composites offer exceptional specific stiffness (elastic modulus-to-weight ratio), the initial development (prior to 1986) of aluminum-base MMC materials required energy- or labor-intensive methods, such as powder metallurgy, thermal spray, diffusion bonding, and high-pressure squeeze casting. None of the composites produced from these methods could be remelted and shape cast, and each proved to be prohibitively expensive for most applications, even in the aerospace/defense sector.

An ingot-metallurgical method for producing a castable aluminum-base MMC material with the trade name of Duralcan was introduced in 1986. The product consists, in foundry ingot form, of foundry alloys to which 10, 15, or 20 vol% of particulate silicon carbide (SiC) had been added. The most attractive feature of this ingot-metallurgical product is its low cost, especially at industrial production levels, and its ability to be remelted without an impairment of properties. The Al-SiC composite foundry ingot can be remelted and shape cast easily using standard aluminum foundry practices and equipment. The casting methods successfully demonstrated to date have been sand, permanent mold, low-pressure permanent mold, high-pressure die casting, and investment casting, both shell and plaster. Additional information on castable aluminum-base MMC materials is given in the section "Discontinuous Aluminum MMC" in the article "Metal-Matrix Composites" in this Volume.







# Tablas y propiedades

# Propiedades Físicas

**Table 2 Typical physical properties of aluminum casting alloys**

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s· °C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
Aluminum rotor alloys (pure aluminum)										
Pure aluminum 99.996% Al	0 °F	2.71	2713	0.098	660.2-660.2	1220.4-1220.4	64.94	0.57	23.86 (13.25)	25.45 (14.14)
EC Alloy 99.45% Al, similar to 150.0 alloy	0 °F	2.70	2713	0.098	657-643	1215-1190	57	0.53	23.5 (13)	25.6 (14.2)

**Table 2 Typical physical properties of aluminum casting alloys**

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s· °C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
Commercial Duralumin alloys (Al-Cu)										
222.0	F(P)	2.95	2962	0.107	520-625	970-1160	34	0.32	22.1 (12.3)	23.6 (13.1)
	O(S)	2.95	2962	0.107	520-625	970-1160	41	0.38	...	...
	T61(S)	2.95	2962	0.107	520-625	970-1160	33	0.31	22.1 (12.3)	23.6 (13.1)
224.0	T62(S)	2.81	2824	0.102	550-645	1020-1190	30	0.28	...	...
238.0	F(P)	2.95	1938	0.107	510-600	950-1110	25	0.25	21.4 (11.9)	22.9 (12.7)
240.0	F(S)	2.78	2768	0.100	515-605	960-1120	23	0.23	22.1 (12.3)	24.3 (13.5)

**P Permanent mold, S sand casting, D Die Casting)**

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
242.0	O(S)	2.81	2823	0.102	530-635	990-1180	44	0.40	...	...
	T77(S)	2.81	2823	0.102	525-635	980-1180	38	0.36	22.1 (12.3)	23.6 (13.1)
	T571(P)	2.81	2823	0.102	525-635	980-1180	34	0.32	22.5 (12.5)	24.5 (13.6)
	T61(P)	2.81	2823	0.102	525-635	980-1180	33	0.32	22.5 (12.5)	24.5 (13.6)



Premium casting alloys (high strength and toughness alloys)										
201.0	T6(S)	2.80	2796	0.101	570-650	1000-1200	27-32	0.29	19.3 (10.7)	24.7 (13.7)
	T7(P)	2.80	2796	0.101	570-650	1000-1200	32-34	0.29	19.3 (10.7)	24.7 (13.7)
206.0	T4(S)	2.8	2796	0.101	570-650	1000-1200	30	0.29	19.3 (10.7)	24.7 (13.7)
204.0	T4(S)	2.8	2800	0.101	570-650	1060-1200	29	0.29	19.3 (10.7)	...
204.0	T6(S)(P)	2.8	2800	0.101	570-650	1060-1200	34	0.29	19.3 (10.7)	...
224.0	T62(S)	2.81	2824	0.102	550-645	1020-1190	30	0.28	...	...
295.0	T4(S)	2.81	2823	0.102	520-645	970-1190	35	0.33	22.9 (12.7)	24.8 (13.8)
	T62(S)	2.81	2823	0.102	520-645	970-1190	35	0.34	22.9 (12.7)	24.8 (13.8)

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s· °C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
296.0	T4(P)	2.80	2796	0.101	520-630	970-1170	33	0.32	22.0 (12.2)	23.9 (13.3)
	T6(P)	2.80	2796	0.101	520-630	970-1170	33	0.32	22.0 (12.2)	23.9 (13.3)
	T62(S)	2.80	2796	0.101	520-630	970-1170	33	0.32	...	...
C355.0	T61(S)	2.71	2713	0.098	550-620	1020-1150	39	0.35	22.3 (12.4)	24.7 (13.7)
A356.0	T6(S)	2.69	2713	0.098	560-610	1040-1130	40	0.36	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
A357.0	T6(S)	2.69	2713	0.098	555-610	1030-1130	40	0.38	21.4 (11.9)	23.6 (13.1)

Piston and elevated-temperature alloys										
332.0	T5(P)	2.76	2768	0.100	520-580	970-1080	26	0.25	20.7 (11.5)	22.3 (12.4)
360.0	F(D)	2.68	2685	0.097	570-590	1060-1090	37	0.35	20.9 (11.6)	22.9 (12.7)
A360.0	F(D)	2.68	2685	0.097	570-590	1060-1090	37	0.35	21.1 (11.7)	22.9 (12.7)
364.0	F(D)	2.63	2630	0.095	560-600	1040-1110	30	0.29	20.9 (11.6)	22.9 (12.7)
380.0	F(D)	2.76	2740	0.099	520-	970-	27	0.26	21.2 (11.8)	22.5
Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
384.0	F(D)	2.70	2713	0.098	480-580	900-1080	23	0.23	20.3 (11.3)	22.1 (12.3)
390.0	F(D)	2.73	2740	0.099	510-650	950-1200	25	0.32	18.5 (10.3)	...
	T5(D)	2.73	2740	0.099	510-650	950-1200	24	0.32	18.0 (10.0)	...

Standard general-purpose alloys										
208.0	F(S)	2.79	2796	0.101	520-630	970-1170	31	0.29	22.0 (12.2)	23.9 (13.3)
308.0	F(P)	2.79	2796	0.101	520-615	970-1140	37	0.34	21.4 (11.9)	22.9 (12.7)
319.0	F(S)	2.79	2796	0.101	520-605	970-1120	27	0.27	21.6 (12.0)	24.1 (13.4)
	F(P)	2.79	2796	0.101	520-605	970-1120	28	0.28	21.6 (12.0)	24.1 (13.4)
324.0	F(P)	2.67	2658	0.096	545-605	1010-1120	34	0.37	21.4 (11.9)	23.2 (12.9)
238.0	F(P)	2.95	2962	0.107	510-600	950-1110	25	0.25	21.4 (11.0)	22.9 (12.7)
240.0	F(S)	2.78	2768	0.100	515-605	960-1120	23	0.23	22.1 (12.3)	24.3 (13.5)
242.0	O(S)	2.81	2823	0.102	530-635	990-1180	44	0.40	...	...
	T77(S)	2.81	2823	0.102	525-635	980-1180	38	0.36	22.1 (12.3)	23.6 (13.1)



Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
	T571(P)	2.81	2823	0.102	525-635	980-1180	34	0.32	22.5 (12.5)	24.5 (13.6)
	T61(P)	2.81	2823	0.102	525-635	980-1180	33	0.32	22.5 (12.5)	24.5 (13.6)
295.0	T4(S)	2.81	2823	0.102	520-645	970-1190	35	0.33	22.9 (12.7)	24.8 (13.8)
	T62(S)	2.81	2823	0.102	520-645	970-1190	35	0.34	22.9 (12.7)	24.8 (13.8)
296.0	T4(P)	2.80	2796	0.101	520-630	970-1170	33	0.32	22.0 (12.2)	23.9 (13.3)
	T6(P)	2.80	2796	0.101	520-630	970-1170	33	0.32	22.0 (12.2)	23.9 (13.3)
	T62(S)	2.80	2796	0.101	520-630	970-1170	33	0.32	...	...
308.0	F(P)	2.79	2796	0.101	520-615	970-1140	37	0.34	21.4 (11.9)	22.9 (12.7)
319.0	F(S)	2.79	2796	0.101	520-605	970-1120	27	0.27	21.6 (12.0)	24.1 (13.4)
	F(P)	2.79	2796	0.101	520-605	970-1120	28	0.28	21.6 (12.0)	24.1 (13.4)
324.0	F(P)	2.67	2658	0.096	545-605	1010-1120	34	0.37	21.4 (11.9)	23.2 (12.9)
333.0	F(P)	2.77	2768	0.100	520-585	970-1090	26	0.25	20.7 (11.5)	22.7 (12.6)
	T5(P)	2.77	2768	0.100	520-585	970-1090	29	0.29	20.7 (11.5)	22.7 (12.6)

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
	T6(P)	2.77	2768	0.100	520-585	970-1090	29	0.28	20.7 (11.5)	22.7 (12.6)
	T7(P)	2.77	2768	0.100	520-585	970-1090	0.35	34	20.7 (11.5)	22.7 (12.6)
336.0	T551(P)	2.72	2713	0.098	540-570	1000-1060	29	0.28	18.9 (10.5)	20.9 (11.6)
354.0	F(P)	2.71	2713	0.098	540-600	1000-1110	32	0.30	20.9 (11.6)	22.9 (12.7)
355.0	T51(S)	2.71	2713	0.098	550-620	1020-1150	43	0.40	22.3 (12.4)	24.7 (13.7)
	T6(S)	2.71	2713	0.098	550-620	1020-1150	36	0.34	22.3 (12.4)	24.7 (13.7)
	T61(S)	2.71	2713	0.098	550-620	1020-1150	37	0.35	22.3 (12.4)	24.7 (13.7)
	T7(S)	2.71	2713	0.098	550-620	1020-1150	42	0.39	22.3 (12.4)	24.7 (13.7)
	T6(P)	2.71	2713	0.098	550-620	1020-1150	39	0.36	22.3 (12.4)	24.7 (13.7)
356.0	T51(S)	2.68	2685	0.097	560-615	1040-1140	43	0.40	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
	T6(S)	2.68	2685	0.097	560-615	1040-1140	39	0.36	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
	T7(S)	2.68	2685	0.097	560-615	1040-1140	40	0.37	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
	T6(P)	2.68	2685	0.097	560-615	1040-1140	41	0.37	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
A356.0	T6(S)	2.69	2713	0.098	560-610	1040-1130	40	0.36	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
357.0	T6(S)	2.68	2713	0.098	560-615	1040-1140	39	0.36	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
A357.0	T6(S)	2.69	2713	0.098	555-610	1030-1130	40	0.38	21.4 (11.9)	23.6 (13.1)
358.0	T6(S)	2.68	2658	0.096	560-600	1040-1110	39	0.36	21.4 (11.9)	23.4 (13.0)
359.0	T6(S)	2.67	2685	0.097	565-600	1050-1110	35	0.33	20.9 (11.6)	22.9 (12.7)
392.0	F(P)	2.64	2630	0.095	550-670	1020-1240	22	0.22	18.5 (10.3)	20.2 (11.2)
443.0	F(S)	2.69	2685	0.097	575-630	1070-1170	37	0.35	22.1 (12.3)	24.1 (13.4)
	O(S)	2.69	2685	0.097	575-630	1070-1170	42	0.39	...	...
	F(D)	2.69	2685	0.097	575-630	1070-1170	37	0.34	...	...
	F(P)	2.68	2685	0.097	575-630	1070-1170	41	0.38	21.8 (12.1)	23.8 (13.2)
<b>Die casting alloys</b>										
360.0	F(D)	2.68	2685	0.097	570-590	1060-1090	37	0.35	20.9 (11.6)	22.9 (12.7)
A360.0	F(D)	2.68	2685	0.097	570-590	1060-1090	37	0.35	21.1 (11.7)	22.9 (12.7)

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
364.0	F(D)	2.63	2630	0.095	560-600	1040-1110	30	0.29	20.9 (11.6)	22.9 (12.7)
380.0	F(D)	2.76	2740	0.099	520-590	970-1090	27	0.26	21.2 (11.8)	22.5 (12.5)
A380.0	F(D)	2.76	2740	0.099	520-590	970-1090	27	0.26	21.1 (11.7)	22.7 (12.6)
384.0	F(D)	2.70	2713	0.098	480-580	900-1080	23	0.23	20.3 (11.3)	22.1 (12.3)
390.0	F(D)	2.73	2740	0.099	510-650	950-1200	25	0.32	18.5 (10.3)	...
	T5(D)	2.73	2740	0.099	510-650	950-1200	24	0.32	18.0 (10.0)	...
413.0	F(D)	2.66	2657	0.096	575-585	1070-1090	39	0.37	20.5 (11.4)	22.5 (12.5)
A413.0	F(D)	2.66	2657	0.096	575-585	1070-1090	39	0.37	...	...
443.0	F(S)	2.69	2685	0.097	575-630	1070-1170	37	0.35	22.1 (12.3)	24.1 (13.4)
	O(S)	2.69	2685	0.097	575-630	1070-1170	42	0.39	...	...
	F(D)	2.69	2685	0.097	575-630	1070-1170	37	0.34	...	...
518.0	F(D)	2.53	2519	0.091	540-620	1000-1150	24	0.24	24.1 (13.4)	26.1 (14.5)
A535.0	F(D)	2.54	2547	0.092	550-620	1020-1150	23	0.24	24.1 (13.4)	26.1 (14.5)

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
Aluminum-magnesium alloys										
511.0	F(S)	2.66	2657	0.096	590-640	1090-1180	36	0.34	23.6 (13.1)	25.7 (14.3)
512.0	F(S)	2.65	2657	0.096	590-630	1090-1170	38	0.35	22.9 (12.7)	24.8 (13.8)
513.0	F(P)	2.68	2685	0.097	580-640	1080-1180	34	0.32	23.9 (13.3)	25.9 (14.4)
514.0	F(S)	2.65	2657	0.096	600-640	1110-1180	35	0.33	23.9 (13.3)	25.9 (14.4)
518.0	F(D)	2.53	2519	0.091	540-620	1000-1150	24	0.24	24.1 (13.4)	26.1 (14.5)
520.0	T4(S)	2.57	2574	0.093	450-600	840-1110	21	0.21	25.2 (14.0)	27.0 (15.0)
535.0	F(S)	2.62	2519	0.091	550-630	1020-1170	23	0.24	23.6 (13.1)	26.5 (14.7)
A535.0	F(D)	2.54	2547	0.092	550-620	1020-1150	23	0.24	24.1 (13.4)	26.1 (14.5)
B535.0	F(S)	2.62	2630	0.095	550-630	1020-1170	24	0.23	24.5 (13.6)	26.5 (14.7)
Aluminum-zinc alloys (Al-Zn-Mg and Al-Zn)										
705.0	F(S)	2.76	2768	0.100	600-640	1110-1180	25	0.25	23.6 (13.1)	25.7 (14.3)
707.0	F(S)	2.77	2768	0.100	585-630	1090-1170	25	0.25	23.8 (13.2)	25.9 (14.4)

Alloy	Temper and product form <sup>(a)</sup>	Specific gravity <sup>(b)</sup>	Density <sup>(b)</sup>		Approximate melting range		Electrical conductivity, %IACS	Thermal conductivity at 25 °C (77 °F), cal/cm·s·°C	Coefficient of thermal expansion, per °C × 10 <sup>-6</sup> (per °F × 10 <sup>-6</sup> )	
			kg/m <sup>3</sup>	lb/in. <sup>3</sup>	°C	°F			20-100 °C (68-212 °F)	20-300 °C (68-570 °F)
710.0	F(S)	2.81	2823	0.102	600-650	1110-1200	35	0.33	24.1 (13.4)	26.3 (14.6)
711.0	F(P)	2.84	2851	0.103	600-645	1110-1190	40	0.38	23.6 (13.1)	25.6 (14.2)
712.0	F(S)	2.82	2823	0.102	600-640	1110-1180	40	0.38	23.6 (13.1)	25.6 (14.2)
<b>Bearing alloys (aluminum-tin)</b>										
713.0	F(S)	2.84	2879	0.104	595-630	1110-1170	37	0.37	23.9 (13.3)	25.9 (14.4)
850.0	T5(S)	2.87	2851	0.103	225-650	440-1200	47	0.44	...	...
851.0	T5(S)	2.83	2823	0.102	230-630	450-1170	43	0.40	22.7 (12.6)	...
852.0	T5(S)	2.88	2879	0.104	210-635	410-1180	45	0.42	23.2 (12.9)	...

# Propiedades tecnológicas

- Resistencia a la fractura en caliente (Resistance Hot Cracking)
- Tenacidad bajo presión (Pressure Tightness)
- Fluidéz (Fluidity)
- Tendencia a la contracción (Shrinkage tendency)
- Resistencia a la corrosión (Corrosion resistance)
- Maquinabilidad (Machinability)
- Soldabilidad (Weldability)



**Table 3 Ratings of castability, corrosion resistance, machinability, and weldability for aluminum casting alloys**  
 1, best; 5, worst. Individual alloys may have different ratings for other casting processes.

Alloy	Resistance to hot cracking <sup>(a)</sup>	Pressure tightness	Fluidity <sup>(b)</sup>	Shrinkage tendency <sup>(c)</sup>	Corrosion resistance <sup>(d)</sup>	Machinability <sup>(e)</sup>	Weldability <sup>(f)</sup>
<b>Sand casting alloys</b>							
201.0	4	3	3	4	4	1	2
208.0	2	2	2	2	4	3	3
213.0	3	3	2	3	4	2	2
222.0	4	4	3	4	4	1	3
240.0	4	4	3	4	4	3	4
242.0	4	3	4	4	4	2	3
A242.0	4	4	3	4	4	2	3



Alloy	Resistance to hot cracking <sup>(a)</sup>	Pressure tightness	Fluidity <sup>(b)</sup>	Shrinkage tendency <sup>(c)</sup>	Corrosion resistance <sup>(d)</sup>	Machinability <sup>(e)</sup>	Weldability <sup>(f)</sup>
201.0	4	3	3	4	4	1	2
213.0	3	3	2	3	4	2	2
222.0	4	4	3	4	4	1	3
238.0	2	3	2	2	4	2	3
240.0	4	4	3	4	4	3	4
296.0	4	3	4	3	4	3	4
308.0	2	2	2	2	4	3	3
319.0	2	2	2	2	3	3	2
332.0	1	2	1	2	3	4	2
333.0	1	1	2	2	3	3	3
336.0	1	2	2	3	3	4	2
354.0	1	1	1	1	3	3	2
355.0	1	1	1	2	3	3	2
C355.0	1	1	1	2	3	3	2
356.0	1	1	1	1	2	3	2
A356.0	1	1	1	1	2	3	2
357.0	1	1	1	1	2	3	2
A357.0	1	1	1	1	2	3	2
359.0	1	1	1	1	2	3	1

Alloy	Resistance to hot cracking <sup>(a)</sup>	Pressure tightness	Fluidity <sup>(b)</sup>	Shrinkage tendency <sup>(c)</sup>	Corrosion resistance <sup>(d)</sup>	Machinability <sup>(e)</sup>	Weldability <sup>(f)</sup>
A390.0	2	2	2	3	2	4	2
443.0	1	1	2	1	2	5	1
A444.0	1	1	1	1	2	3	1
512.0	3	4	4	4	1	2	4
513.0	4	5	4	4	1	1	5
711.0	5	4	5	4	3	1	3
771.0	4	4	3	3	2	1	...
772.0	4	4	3	3	2	1	...
850.0	4	4	4	4	3	1	4
851.0	4	4	4	4	3	1	4
852.0	4	4	4	4	3	1	4
Die casting alloys							
360.0	1	1	2	2	3	4	
A360.0	1	1	2	2	3	4	
364.0	2	2	1	3	4	3	
380.0	2	1	2	5	3	4	
A380.0	2	2	2	4	3	4	
384.0	2	2	1	3	3	4	
390.0	2	2	2	2	4	2	

Alloy	Resistance to hot cracking <sup>(a)</sup>	Pressure tightness	Fluidity <sup>(b)</sup>	Shrinkage tendency <sup>(c)</sup>	Corrosion resistance <sup>(d)</sup>	Machinability <sup>(e)</sup>	Weldability <sup>(f)</sup>
413.0	1	2	1	2	4	4	
C443.0	2	3	3	2	5	4	
515.0	4	5	5	1	2	4	
518.0	5	5	5	1	1	4	

(a) Ability of alloy to withstand stresses from contraction while cooling through hot short or brittle temperature range.

(b) Ability of liquid alloy to flow readily in mold and to fill thin sections.

(c) Decrease in volume accompanying freezing of alloy and a measure of amount of compensating feed metal required in form of risers.

(d) Based on resistance of alloy in standard salt spray test.

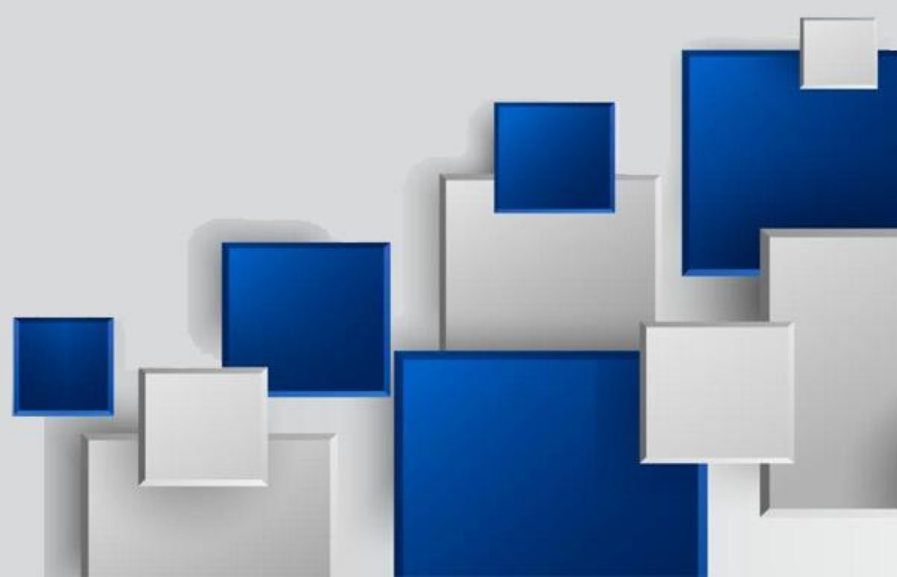

(e) Composite rating based on ease of cutting, chip characteristics, quality of finish, and tool life.

(f) Based on ability of material to be fusion welded with filler rod of same alloy

Also note that Table 2 groups aluminum casting alloys into the following nine categories:

- Rotor alloys
- Commercial Duralumin alloys
- Premium casting alloys
- Piston and elevated-temperature alloys
- Standard, general-purpose alloys
- Die castings
- Magnesium alloys (see the earlier section "General Composition Groupings" in this article)
- Aluminum-zinc-magnesium alloys (see the section "General Composition Groupings" )
- Bearing alloys





# Composición Química, condiciones, propiedades mecánicas y proceso de fundición

# Propiedades tensiles mínimas de ACA

Table 11 Typical (and minimum) tensile properties of aluminum casting alloy

Alloy	Temper	Ultimate strength <sup>(a)</sup>		0.2% yield strength <sup>(a)</sup>		Elongation <sup>(a)</sup> in 50 mm (2 in.), %
		MPa	kci	MPa	kci	
Rotor alloys (pure aluminum)						
100.1 ingot	...	70	10	40	6	20
150.1 ingot	...	70	10	40	6	20
170.1 ingot	...	70	10	40	6	20
Sand casting alloys						
201.0	T43	414	60	255	37	17.0
	T6	448	65	379	55	8.0
	T7	467	68	414	60	5.5
204.0	T4	372	54	255	37	14
		(295)	(43)	(185)	(27)	(5)
206.0	T4	345	50	193	28	10
		(275)	(40)	(165)	(24)	(6)
	T6	380	55	240	35	10
		(345)	(50)	(205)	(30)	(6)
A206.0	T4	380	55	250	36	5-7

		(345)	(50)	(205)	(30)	(...)
	T71	400	58	330	48	5
		(372)	(54)	(310)	(45)	(3)
208.0	F	145	21	97	14	2.5
		(130)	(19)	(...)	(...)	(1.5)
	T55	(145, min)	(21, min)	...	...	...
A206.0	T4	354	51	250	36	7.0
208.0	F	145	21	97	14	2.5
213.0	F	165	24	103	15	1.5
222.0	O	186	27	138	20	1.0
	T61	283	41	276	40	<0.5
	T62	421	61	331	48	4.0
224.0	T72	380	55	276	40	10.0
240.0	F	235	34	200	28	1.0
242.0	F	214	31	217	30	0.5
	O	186	27	124	18	1.0
	T571	221	32	207	30	0.5
	T77	207	30	159	23	2.0
A242.0	T75	214	31	...	...	2.0
295.0	T4	221	32	110	16	8.5
		(200)	(29)	(...)	(...)	(6)

	T6	250	36	165	24	5.0
		(220)	(32)	(138)	(20)	(3)
	T62	283	41	220	32	2.0
		(248)	(36)	(...)	(...)	(...)
319.0	T7	(200, min)	(29, min)	...	...	(3, min)
	F	186	27	124	18	2.0
	T5	207	30	179	26	1.5
	T6	250	26	164	24	2.0
355.0		(215)	(31)	(...)	(...)	(1.5)
	F	159	23	83	12	3.0
	T51	193	28	159	23	1.5
	T6	241	35	172	25	3.0
		(220)	(32)	(138)	(20)	(2)
	T61	269	39	241	35	1.0
	T7	264	38	250	26	0.5
	T71	240	35	200	29	1.5
C355.0	T77	240	35	193	28	3.5
	T6	270	39	200	29	5.0
		(248)	(36)	(172)	(25)	(2)
356.0	F	164	24	124	18	6.0
	T51	172	25	138	20	2.0

	T6	228	33	164	24	3.5
		(207)	(30)	(138)	(20)	(3)
	T7	235	34	207	30	2.0
		(214)	(31)	(200)	(29)	(...)
A356.0	T71	193	28	145	21	3.5
	F	159	23	83	12	6.0
	T51	179	26	124	18	3.0
	T6	278	40	207	30	6.0
357.0	T71	207	30	138	20	3.0
	E	172	25	90	13	5.0
	T51	179	26	117	17	3.0
	T6	345	50	296	43	2.0
A357.0	T7	278	40	234	34	3.0
	T6	317	46	248	36	3.0
	T7	250	36	250	36	<1.0
A390.0	F	179	26	179	26	<1.0
	T5	179	26	179	26	<1.0
	T6	278	40	278	40	<1.0
	T7	250	36	250	36	<1.0
443.0	F	131	19	55	8	8.0
		(117)	(17)	(...)	(...)	(3)
A444.0	F	145	21	62	9	9.0

	T4	159	23	62	9	12.0
511.0	F	145	21	83	12	3.0
512.0	F	138	20	90	13	2.0
		(117)	(17)	(70)	(10)	(...)
514.0	F	172	25	83	12	9.0
		(150)	(22)	(...)	(...)	(6)
520.0	T4	331	48	179	26	16.0
		(290)	(42)	(150)	(22)	(12)
535	F	275	40	145	21	13
		(240)	(35)	(125)	(18)	(9)
A535.0	F	250	36	124	18	9.0
B535.0	F	262	38	130	19	10
705.0	F/T5	(205)	(30, min)	(117)	(17, min)	(5, min)
707.0	F/T5	(227)	(33, min)	(152)	(22, min)	(2, min)
	F/T7	(255)	(37, min)	(207)	(30, min)	(1, min)
710.0	F	241	35	172	25	5.0
		(220)	(32)	(138)	(20)	(2)
712.0	F	240	35	172	25	5.0
		(235)	(34)	(172)	(25)	(4)
713.0	F	240	35	172	25	5.0
		(220)	(32)	(152)	(22)	(3)

771.0	F	303	44	248	36	3
		(270)	(39)	(228)	(33)	(2)
	T2	(248)	(36, min)	(185)	(27, min)	(2, min)
	T5	(290)	(42, min)	(262)	(38, min)	(2, min)
	T6	330	48	262	38	9
		(275)	(40)	(240)	(35)	(5)
772.0	F	275	40	220	32	7
		(225)	(37)	(193)	(28)	(5)
	T6	310	45	240	35	10
		(303)	(44)	(220)	(32)	(6)
850.0	T5	138	20	76	11	8.0
		(110)	(16)	(...)	(...)	(5)
851.0	T5	138	20	76	11	5.0
		(117)	(17)	(...)	(...)	(3)
852.0	T5	186	27	152	22	2.0
		(165)	(24)	(124)	(18)	(...)
Permanent mold casting alloys						
201.0	T43	414	60	255	37	17.0
	T6	448	65	379	55	8.0
	T7	469	68	414	60	5.0
204.0	T4	325	47	200	29	7

		(248)	(36)	(193)	(28)	(5)
206.0	T4	345	50	207	30	10
		(275)	(40)	(165)	(24)	(6)
	T6	385	56	262	38	12
		(345)	(50)	(207)	(30)	(6)
A206.0	T4	430	62	265	38	17
	T71	415	60	345	50	5
		(372)	(54)	(310)	(45)	(3)
	T7	436	63	347	50	11.7
213.0	F	207	30	165	24	1.5
222.0	T52	241	35	214	31	1.0
	T551	255	37	241	35	<0.5
	T65	331	48	248	36	<0.5
238.0	F	207	30	165	24	1.5
242.0	T571	276	40	234	34	1.0
	T61	324	47	290	42	0.5
249.0	T63	476	69	414	60	6.0
	T7	427	62	359	52	9.0
296.0	T4	255	37	131	19	9.0
	T6	276	40	179	26	5.0
		(240)	(35)	(152)	(22)	(2)

	T7	270	39	138	20	4.5
308.0	F	193	28	110	16	2.0
319.0	F	185	27	125	18	2
	T5	207	30	180	26	2
	T6	248	36	165	24	2
		(214)	(31)	(...)	(...)	(1.5)
324.0	F	207	30	110	16	4.0
	T5	248	36	179	26	3.0
	T62	310	45	269	39	3.0
332.0	T5	248	36	193	28	1.0
333.0	F	234	34	131	19	2.0
	T5	234	34	172	25	1.0
	T6	290	42	207	30	1.5
	T7	255	37	193	28	2.0
		(215)	(31)	(...)	(...)	(...)
336.0	T551	248	36	193	28	0.5
	T65	324	47	296	43	0.5
354.0	T6	380	55	283	41	6
	T62	393	57	317	46	3
355.0	T51	(185, min)	(27, min)	...	...	...
	T6	290	42	185	27	4

		(255)	(37)	(...)	(...)	(1.5)
	T62	310	45	275	40	1.5
		(290)	(42)	(...)	(...)	(...)
	T71	(235, min)	(34, min)	...	...	...
356.0	F	179	26	124	18	5.0
	T51	186	27	138	20	2.0
	T6	262	38	186	27	5.0
		(207)	(30)	(138)	(20)	(3)
	T7	221	32	165	24	6.0
A356.0	T61	283	41	207	30	10.0
		(255)	(37)	(...)	(...)	(5)
357.0	F	193	28	103	15	6.0
	T51	200	29	145	21	4.0
	T6	360	52	295	43	5.0
		(310)	(45)	(...)	(...)	(3)
A357.0	T61	359	52	290	42	5.0
358.0	T6	345	50	290	42	6
	T62	365	53	317	46	3.5
359.0	T61	325	47	255	37	7
	T62	345	50	290	42	5
A390.0	F	200	29	200	29	<1.0

	T5	200	29	200	29	<1.0
	T6	310	45	310	45	<1.0
	T7	262	38	262	38	<1.0
443.0	F	160	23	62	9	10.0
B443.0	F	160	23	62	9	10
444.0	T4	193	28	83	12	25
A444.0	F	165	24	76	11	13.0
	T4	160	23	70	10	21
513.0	F	186	27	110	16	7.0
		(150)	(22)	(...)	(...)	(2.5)
705.0	T5	240	35	103	15	22
707.0	T5	(290, min)	(42, min)			(4, min)
711.0	F	248	36	130	19	8
713.0	T5	275	40	185	27	6
850.0	T5	160	23	76	11	12.0
		(124)	(18)	(...)	(...)	(8)
	T101	160	23	76	11	12
851.0	T5	138	20	76	11	5.0
852.0	T5	221	32	159	23	5.0
		(185)	(27)	(...)	(...)	(3)
Die casting alloys						

360.0	F	324	47	172	25	3.0
A360.0	F	317	46	165	24	5.0
364.0	F	296	43	159	23	7.5
380.0	F	330	48	165	24	3.0
A380.0	F	324	47	160	23	4.0
383.0	F	310	45	150	22	3.5
384.0	F	325	47	172	25	1.0
A384.0	F	330	48	165	24	2.5
390.0	F	279	40.5	241	35	1.0
	T5	296	43	265	38.5	1.0
A390.0	F	283	41	240	35	1.0
B390.0	F	317	46	248	36	...
392.0	F	290	42	262	38	<0.5
413.0	F	296	43	145	21	2.5
A413.0	F	241	35	110	16	3.5
443.0	F	228	33	110	16	9.0
C443.0	F	228	33	95	14	9
513.0	F	276	40	152	22	10.0
515.0	F	283	41	...	...	10.0
518.0	F	310	45	186	27	8.0



# Valores típicos de: dureza, R. al corte, R. a la fatiga, R. a la cedencia compresiva,

(2) Minimum values are shown in parenthesis and are listed below their typical values.

Table 12 Typical values of hardness, shear strength, fatigue strength, and compressive yield strength of various aluminum casting alloys

Alloy	Temper	Shear		Fatigue <sup>(M)</sup>		Hardness, HB <sup>(N)</sup>	Compressive yield strength	
		MPa	ksi	MPa	ksi		MPa	ksi
Sand casting								
204.0	T4	110	16	77	11	90	...	...
206.0	T4	...	...	...	...	95	...	...
A206.0	T4	255	37	...	...	100	...	...
A206.0	T71	...	...	160	23	110	...	...
206.0	T6	...	...	...	...	100	...	...
208.0	F	117	17	76	11	55	103	15
295.0	T4	179	26	48	7	60	...	...
	T6	207	30	50	7.5	75	172	25
	T62	227	33	55	8	90	...	...
	T7	...	...	...	...	...	...	...
208.0	F	117	17	76	11	55	103	15
	T55	...	...	...	...	...	...	...
319.0	F	152	22	70	10	70	131	19
	T5	165	24	76	11	80	...	...
	T6	200	29	76	11	80	172	25

355.0	F	...	...	...	...	70	...	...
	T51	152	22	55	8	65	165	24
	T6	193	28	62	9	80	179	26
	T61	248	36	70	10	100	255	37
	T7	193	28	70	10	85	248	36
	T71	241	35	70	10	75	248	36
	T77	179	26	70	10	80	200	29
C355.0	T6	193	28	70	10	90	...	...
356.0	F	...	...	...	...	...	...	...
	T51	138	20	55	8	60	145	21
	T6	179	26	59	8.5	70	172	25
	T7	165	24	62	9	75	214	31
	T71	138	20	59	8.5	60	...	...
357.0	F	...	...	...	...	...	...	...
	T51	...	...	...	...	...	...	...
	T6	164	24	62	9	90	214	31
	T7	...	...	...	...	60	...	...
A357.0	T6	...	...	...	...	85	...	...
A390.0	F, Fa	...	...	70	10	100	...	...
	T6	...	...	90	13	140	...	...
	T7	...	...	...	...	115	...	...

443.0	F	96	14	55	8	40	62	9
511.0	F	117	17	55	8	50	90	13
512.0	F	...	...	...	...	50	96	14
514.0	F	138	20	48	7	50	83	12
535.0	F	193	28	70	10	70	165	24
B535.0	F	207	30	62	9	65	...	...
520.0	T4	234	34	55	8	75	186	27
705.0	F, T5	...	...	...	...	...	...	...
707.0	F, T5	...	...	...	...	...	...	...
	F, T7	...	...	...	...	...	...	...
710.0	F, T5	179	26	55	8	75	172	25
712.0	F, T5	179	26	179	26	9	518	75
713.0	F, T5	179	26	63	9	74	...	...
771.0	F	...	...	...	...	...	...	...
	T2	...	...	...	...	...	...	...
	T5	...	...	...	...	...	...	...
	T6	...	...	...	...	...	...	...
772.0	F	...	...	...	...	...	...	...
	T6	...	...	...	...	...	...	...
850.0	T5	96	14	55	8	45	76	11
851.0	T5	96	14	...	...	45	...	...

852.0	T5	124	18	70	10	65	...	...
Permanent mold								
204.0	T4	...	...	...	...	90	...	...
206.0	T4	...	...	...	...	...	...	...
206.0	T6	255	37	...	...	110	...	...
A206.0	T71	255	37	207	30	110	...	...
296.0	T4	...	...	...	...	...	...	...
296.0	T6	220	32	70	10	90	179	26
296.0	T62	...	...	...	...	...	...	...
296.0	T7	...	...	...	...	...	...	...
213.0	F	...	...	...	...	85	...	...
308.0	F	152	22	89	13	70	117	17
319.0	F	186	27	83	12	85	138	20
	T6	220	32	83	12	95	193	28
333.0	F	186	27	96	14	90	131	19
	T5	186	27	83	12	100	172	25
	T6	228	33	103	15	105	207	30
	T7	193	28	83	12	90	193	28
	T6	262	38	117	17	100	289	42
354.0	T62	276	40	117	17	110	324	47
	T51	...	...	...	...	90	...	...

	T6	234	34	70	10	90	186	27
	T62	248	36	70	10	105	276	40
	T71	...	...	...	...	...	...	...
356.0	F	...	...	...	...	...	...	...
	T51	...	...	...	...	...	...	...
	T6	207	30	90	13	80	186	27
	T7	172	25	76	11	70	165	24
A356.0	T61	193	28	90	13	90	220	32
357.0	T6	241	35	90	13	100	303	44
A357.0	T61	241	35	103	15	100	296	43
358.0	T6	296	43	...	...	105	289	42
	T62	317	46	...	...	...	317	46
359.0	T61	220	32	103	15	90	262	38
	T62	234	34	103	15	100	303	44
A390.0	F, T5	...	...	...	...	110	...	...
	T6	...	...	117	17	145	413	60
	T7	...	...	103	15	120	352	51
	F	...	...	...	...	...	...	...
393.0	F	...	...	...	...	...	...	...
B443.0	F	110	16	55	8	45	62	9
444.0	T4	...	...	...	...	50	77	11
513	F	152	22	70	10	50	96	14

705.0	T5	152	22	...	...	55	124	18
707.0	T5	...	...	...	...	...	...	...
707.0	T	...	...	...	...	...	...	...
711.0	F	193	28	76	11	70	138	20
713.0	T5	179	26	62	9	75	172	25
850.0	T5	103	15	62	9	45	76	11
851.0	T5	96	14	62	9	45	76	11
852.0	T5	145	21	76	11	70	158	23
850.0	T101	103	15	62	9	45	145	21
Die casting alloys								
360.0	F	207	30	131	19	...	...	...
A360.0	F	200	29	124	18	...	...	...
364.0	F	200	29	124	18	...	...	...
380.0	F	214	31	145	21	...	...	...
A380.0	F	207	30	138	20	...	...	...
383.0	F	...	...	...	...	...	...	...
A384.0	F	200	29	138	20	...	...	...
390.0	F	...	...	76	11	...	...	...
392.0	F	...	...	...	...	...	...	...
A390.0	F	...	...	...	...	...	...	...
B390.0	F	...	...	...	...	...	...	...

392.0	F	...	...	...	...	...	...	...
A413.0	F	172	25	130	19	...	...	...
A413.0	F	159	23	130	19	...	...	...
C443.0	F	130	19	110	16	...	...	...
513.0	F	179	26	124	18	...	...	...
515.0	F	186	27	130	19	...	...	...
518.0	F	200	29	138	20	...	...	...

(a) Strength for  $5 \times 10^6$  cycles with R.R. Moore rotating beam test.

(b) 10 mm (6.4 in.) ball with 500 kgf (1100 lbf) load

# Propiedades mecánicas “premium quality” y propiedades a alta temperatura

Table 13 Typical mechanical properties of premium-quality aluminum alloy castings and elevated-temperature aluminum casting alloys

Alloy and temper	Hardness, HB <sup>(a)</sup>	Ultimate tensile strength		Tensile yield strength		Elongation in 50 mm (2 in.), %	Compressive yield strength		Shear strength		Fatigue strength <sup>(b)</sup>	
		MPa	ksi	MPa	ksi		MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi
Premium-quality castings <sup>(c)</sup>												
A201.0-T7	...	495	72	448	65	6	...	...	...	...	97	14
A206.0-T7	...	445	65	405	59	6	...	...	...	...	90	13
224.0-T7	...	420	61	330	48	4	...	...	...	...	86	12.5
249.0-T7	...	470	68	407	59	6	...	...	...	...	75	11
354.0-T6	...	380	55	283	41	6	...	...	...	...	135 <sup>(d)</sup>	19.5 <sup>(d)</sup>
C355.0-T6	...	317	46	235	34	6	...	...	...	...	97	14
A356.0-T6	...	283	41	207	30	10	...	...	...	...	90	13

A357.0-T6	...	360	52	290	42	8	...	...	...	...	90	13
Piston and elevated-temperature sand cast alloys												
22.0-T2	80	185	27	138	20	1	...	...	...	...	...	...
222.0-T6	115	283	41	275	40	<0.5	...	...	...	...	...	...
242.0-T21	70	185	27	125	18	1	...	...	145	21	55	8
242.0-T571	85	220	32	207	30	0.5	...	...	180	26	75	11
242.0-T77	75	207	30	160	23	2	165	24	165	24	72	10.5
A242.0-T75	...	215	31	...	...	...	...	...	...	...	...	...
243.0	95	207	30	160	23	2	200	29	70	10	70	10
328.0-F	...	220	32	130	19	2.5	...	...	...	...	...	...
328.0-T6	85	290	42	185	27	4.0	180	26	193	28	...	...
Piston and elevated-temperature alloys (permanent mold castings)												
222.0-T55	115	255	37	240	35	...	295	43	207	30	59	8.5
222.0-T65	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
242.0-T571	105	275	40	235	34	1	...	...	207	30	72	10.5
242.0-T61	110	325	47	290	42	0.5	...	...	240	35	65	9.5
332.0-T551	105	248	36	193	28	0.5	193	28	193	28	90	13
332.0-T5	105	248	36	193	28	1	200	29	193	28	90	13
336.0-T65	125	325	47	295	43	0.5	193	28	248	36	...	...
336.0-T551	105	248	36	193	28	0.5	193	28	193	28	...	...

## Notas de las especificaciones

- (a) 10 mm (0.4 in.) ball with 500 kgf (1100 lbf) load.
- (b) Rotating beam test at  $5 \times 10^6$  cycles.
- (c) Typical values of premium-quality casting are the same regardless of class or the area from which the specimen is cut; see Table 14 for minimum values.
- (d) Fatigue strength for  $10^6$  cycles


Minimum mechanical property limits are usually defined by the terms of general procurement specifications, such as those developed by government agencies and technical societies. These documents often specify testing frequency, tensile bar type and design, lot definitions, testing procedures, and the limits applicable to test results. By references to general process specifications, these documents also invoke standards and limits for many additional supplier obligations, such as specific practices and controls in melt preparation, heat treatment, radiographic and liquid penetrant inspection, and test procedures and interpretation. Tables 11 and 14 include minimum tensile properties of various casting alloys.



Ultimate tensile strength		Tensile yield strength		Elongation in 50 mm (2 in.), %
MPa	ksi	MPa	ksi	

	Class 11	255	37	207	30	1
	Class 12	241	35	193	28	1
A356.0-T6 <sup>(a)</sup>	Class 10	262	38	193	28	5
	Class 11	228	33	186	27	3
	Class 12	221	32	152	22	2
A357.0-T6 <sup>(a)</sup>	Class 10	262	38	193	28	5
	Class 11	283	41	214	31	3
224.0	Class 10	310	45	241	35	2
	Class 11	345	50	255	37	3

(a) Values from specification MIL-A-21180



# Composición química

**Table 1 Compositions of registered aluminum casting alloys used to cast shapes**  
Compositions of alloys used to cast primary ingots are not shown.

Alloy	Products <sup>(a)</sup>	Composition, % <sup>(b)</sup>											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Su	Ti	Others:	
												Each	Total
201.1	S	0.10	0.15	4.0-5.2	0.20-0.50	0.15-0.55	...	...	...	...	0.15-0.35	0.05 <sup>(b)</sup>	0.10
A201.0	S	0.05	0.10	4.0-5.0	0.20-0.40	0.15-0.35	...	...	...	...	0.15-0.35	0.03 <sup>(b)</sup>	0.10
B201.0	S	0.05	0.05	4.5-5.0	0.20-0.50	0.25-0.35	...	...	...	...	0.15-0.35	0.05 <sup>(b)</sup>	0.15
202.0	S	0.10	0.15	4.0-5.2	0.20-0.8	0.15-0.55	0.20-0.6	...	...	...	0.15-0.35	0.05 <sup>(b)</sup>	0.10
203.0	S	0.30	0.55	4.5-5.5	0.20-0.30	0.10	...	1.3-1.7	0.10	...	0.15-0.25 <sup>(b)</sup>	0.05 <sup>(b)</sup>	0.20
204.0	S, P	0.20	0.35	4.2-5.0	0.10	0.15-0.35	...	0.05	0.10	0.05	0.15-0.30	0.05	0.15
206.0	S, P	0.10	0.15	4.2-5.0	0.20-0.50	0.15-0.35	...	0.05	0.10	0.05	0.15-0.30	0.05	0.15
A206.0	S, P	0.05	0.10	4.2-5.0	0.20-0.50	0.15-0.35	...	0.05	0.10	0.05	0.15-0.30	0.05	0.15
208.0	S, P	2.5-3.5	1.2	3.5-4.5	0.50	0.10	...	0.35	1.0	...	0.25	...	0.50
213.0	S, P	1.0-3.0	1.2	6.0-8.0	0.6	0.10	...	0.35	2.5	...	0.25	...	0.50
222.0	S, P	2.0	1.5	9.2-10.7	0.50	0.15-0.35	...	0.50	0.8	...	0.25	...	0.35
224.0	S, P	0.06	0.10	4.5-5.5	0.20-0.50	...	...	...	...	...	0.35	0.03 <sup>(b)</sup>	0.10

Alloy	Products <sup>(a)</sup>	Composition, % <sup>(b)</sup>											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Su	Ti	Others:	
												Each	Total
238.0	P	3.5-4.5	1.5	9.0-11.0	0.6	0.15-0.35	...	1.0	1.5	...	0.25	...	0.50
240.0	S	0.50	0.50	7.0-9.0	0.30-0.7	5.5-6.5	...	0.30-0.7	0.10	...	0.20	0.05	0.15
242.0	S, P	0.7	1.0	3.5-4.5	0.35	1.2-1.8	0.25	1.7-2.3	0.35	...	0.25	0.05	0.15
A242.0	S	0.6	0.8	3.7-4.5	0.10	1.2-1.7	0.15-0.25	1.8-2.3	0.10	...	0.07-0.20	0.05	0.15
243.0	S	0.35	0.40	3.5-4.5	0.15-0.45	1.8-2.3	0.20-0.40	1.9-2.3	0.05	...	0.06-0.20	0.05 <sup>(b)</sup>	0.15
249.0	P	0.05	0.10	3.8-4.6	0.25-0.50	0.25-0.50	...	...	2.5-3.5	...	0.02-0.35	0.03	0.10
295.0	S	0.7-1.5	1.0	4.0-5.0	0.35	0.03	...	...	0.35	...	0.25	0.05	0.15
296.0	P	2.0-3.0	1.2	4.0-5.0	0.35	0.05	...	0.35	0.50	...	0.25	...	0.35
305.0	S, P	4.5-5.5	0.6	1.0-1.5	0.50	0.10	0.25	...	0.35	...	0.25	0.05	0.15
A305.0	S, P	4.5-5.5	0.20	1.0-1.5	0.10	0.10	...	...	0.10	...	0.20	0.05	0.15
308.0	S, P	5.0-6.0	1.0	4.0-5.0	0.50	0.10	...	...	1.0	...	0.25	...	0.50
319.0	S, P	5.5-6.6	1.0	3.0-4.0	0.50	0.10	...	0.35	1.0	...	0.25	...	0.50
A319.0	S, P	5.5-6.5	1.0	3.0-4.0	0.50	0.10	...	0.35	3.0	...	0.25	...	0.50
B319.0	S, P	5.5-6.5	1.2	3.0-4.0	0.8	0.10-0.50	...	0.50	1.0	...	0.25	...	0.50
320.0	S, P	5.0-8.0	1.2	2.0-4.0	0.8	0.05-0.6	...	0.35	3.0	...	0.25	...	0.50
324.0	P	7.0-8.0	1.2	0.40-	0.50	0.40-	...	0.30	1.0	...	0.20	0.15	0.20

Alloy	Products <sup>(6)</sup>	Composition, % <sup>(6)</sup>										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Others
												Each Total
				0.6		0.7						
328.0	S	7.5-8.5	1.0	1.0-2.0	0.20-0.6	0.20-0.6	0.35	0.25	1.5	...	0.25	... 0.50
332.0	P	8.5-10.5	1.2	2.0-4.0	0.50	0.50-1.5	...	0.50	1.0	...	0.25	... 0.50
333.0	P	8.0-10.0	1.0	3.0-4.0	0.50	0.05-0.50	...	0.50	1.0	...	0.25	... 0.50
A333.0	P	8.0-10.0	1.0	3.0-4.0	0.50	0.05-0.50	...	0.50	3.0	...	0.25	... 0.50
336.0	P	11.0-13.0	1.2	0.50-1.5	0.35	0.7-1.3	...	2.0-3.0	0.35	...	0.25	0.05 ...
339.0	P	11.0-13.0	1.2	1.5-3.0	0.50	0.50-1.5	...	0.50-1.5	1.0	...	0.25	... 0.50
343.0	D	6.7-7.7	1.2	0.50-0.9	0.50	0.10	0.10	...	1.2-2.0	0.50	...	0.10 0.35
354.0	P	8.6-9.4	0.20	1.6-2.0	0.10	0.40-0.6	...	...	0.10	...	0.20	0.05 0.15
355.0	S, P	4.5-5.5	0.6 <sup>(6)</sup>	1.0-1.5	0.50 <sup>(6)</sup>	0.40-0.6	0.25	...	0.35	...	0.25	0.05 0.15
A355.0	S, P	4.5-5.5	0.09	1.0-1.5	0.05	0.45-0.6	...	...	0.05	...	0.04-0.20	0.05 0.15
C355.0	S, P	4.5-5.5	0.20	1.0-1.5	0.10	0.40-0.6	...	...	0.10	...	0.20	0.05 0.15
356.0	S, P	6.5-7.5	0.6 <sup>(6)</sup>	0.25	0.35 <sup>(6)</sup>	0.20-0.45	...	...	0.35	...	0.25	0.05 0.15
A356.0	S, P	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.25-0.45	...	...	0.10	...	0.20	0.05 0.15

Alloy	Products <sup>(6)</sup>	Composition, % <sup>(6)</sup>										
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Others
												Each Total
B356.0	S, P	6.5-7.5	0.09	0.05	0.05	0.25-0.45	...	...	0.05	...	0.04-0.20	0.05 0.15
C356.0	S, P	6.5-7.5	0.07	0.05	0.05	0.25-0.45	...	...	0.05	...	0.04-0.20	0.05 0.15
F356.0	S, P	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.17-0.25	...	...	0.10	...	0.04-0.20	0.05 0.15
357.0	S, P	6.5-7.5	0.15	0.05	0.03	0.45-0.6	...	...	0.05	...	0.20	0.05 0.15
A357.0	S, P	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.40-0.7	...	...	0.10	...	0.04-0.20	0.05 <sup>(6)</sup> 0.15
B357.0	S, P	6.5-7.5	0.09	0.05	0.05	0.40-0.6	...	...	0.05	...	0.04-0.20	0.05 0.15
C357.0	S, P	6.5-7.5	0.09	0.05	0.05	0.45-0.7	...	...	0.05	...	0.04-0.20	0.05 <sup>(6)</sup> 0.15
D357.0	S	6.5-7.5	0.20	...	0.10	0.55-0.6	...	...	...	...	0.10-0.20	0.05 <sup>(6)</sup> 0.15
358.0	S, P	7.6-8.6	0.30	0.20	0.20	0.40-0.6	0.20	...	0.20	...	0.10-0.20	0.05 <sup>(6)</sup> 0.15
359.0	S, P	8.5-9.5	0.20	0.20	0.10	0.50-0.7	...	...	0.10	...	0.20	0.05 0.15
360.0	D	9.0-10.0	2.0	0.6	0.35	0.40-0.6	...	0.50	0.50	0.15	...	... 0.25
A360.0	D	9.0-10.0	1.3	0.6	0.35	0.40-0.6	...	0.50	0.50	0.15	...	... 0.25
361.0	D	9.5-10.5	1.1	0.50	0.25	0.40-0.6	0.20-0.30	0.20-0.30	0.50	0.10	0.20	0.05 0.15
363.0	S, P	4.5-6.0	1.1	2.5-3.5	<sup>(6)</sup>	0.15- <sup>(6)</sup>	0.25	3.0- <sup>(6)</sup>	0.25	0.20	<sup>(6)</sup>	0.30

Alloy	Products <sup>(6)</sup>	Composition, % <sup>(b)</sup>											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Su	Ti	Others	
												Each	Total
						0.40			4.5				
364.0	D	7.5-9.5	1.5	0.20	0.10	0.20-0.40	0.25-0.50	0.15	0.15	0.15	...	0.05 <sup>(6)</sup>	0.15
369.0	D	11.0-12.0	1.3	0.50	0.35	0.25-0.45	0.30-0.40	0.05	1.0	0.10	...	0.05	0.15
380.0	D	7.5-9.5	2.0	3.0-4.0	0.50	0.10	...	0.50	3.0	0.35	...	...	0.50
A380.0	D	7.5-9.5	1.3	3.0-4.0	0.50	0.10	...	0.50	3.0	0.35	...	...	0.50
B380.0	D	7.5-9.5	1.3	3.0-4.0	0.50	0.10	...	0.50	1.0	0.35	...	...	0.50
383.0	D	9.5-11.5	1.3	2.0-3.0	0.50	0.10	...	0.30	3.0	0.15	...	...	0.50
384.0	D	10.5-12.0	1.3	3.0-4.5	0.50	0.10	...	0.50	3.0	0.35	...	...	0.50
A384.0	D	10.5-12.0	1.3	3.0-4.5	0.50	0.10	...	0.50	1.0	0.35	...	...	0.50
385.0	D	11.0-13.0	2.0	2.0-4.0	0.50	0.30	...	0.50	3.0	0.30	...	...	0.50
390.0	D	16.0-18.0	1.3	4.0-5.0	0.10	0.45-0.65	...	...	0.10	...	0.20	0.10	0.20
A390.0	S, P	16.0-18.0	0.50	4.0-5.0	0.10	0.45-0.65	...	...	0.10	...	0.20	0.10	0.20
B390.0	D	16.0-18.0	1.3	4.0-5.0	0.50	0.45-0.65	...	0.10	1.5	...	0.20	0.10	0.20
392.0	D	18.0-20.0	1.5	0.40-0.8	0.20-0.6	0.8-1.2	...	0.50	0.50	0.30	0.20	0.15	0.50
393.0	S, P, D	21.0-23.0	1.3	0.7-1.1	0.10	0.7-1.3	...	2.0-2.5	0.10	...	0.10-0.20	0.05 <sup>(6)</sup>	0.15

Alloy	Products <sup>(6)</sup>	Composition, % <sup>(b)</sup>											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Su	Ti	Others	
												Each	Total
413.0	D	11.0-13.0	2.0	1.0	0.35	0.10	...	0.50	0.50	0.15	...	...	0.25
A413.0	D	11.0-13.0	1.3	1.0	0.35	0.10	...	0.50	0.50	0.15	...	...	0.25
B413.0	S, P	11.0-13.0	0.50	0.10	0.35	0.05	...	0.05	0.10	...	0.25	0.05	0.20
443.0	S, P	4.5-6.0	0.8	0.6	0.50	0.05	0.25	...	0.50	...	0.25	...	0.35
A443.0	S	4.5-6.0	0.8	0.30	0.50	0.05	0.25	...	0.50	...	0.25	...	0.35
B443.0	S, P	4.5-6.0	0.8	0.15	0.35	0.05	...	...	0.35	...	0.25	0.05	0.15
C443.0	D	4.5-6.0	2.0	0.6	0.35	0.10	...	0.50	0.50	0.15	...	...	0.25
444.0	S, P	6.5-7.5	0.6	0.25	0.35	0.10	...	...	0.35	...	0.25	0.05	0.15
A444.0	P	6.5-7.5	0.20	0.10	0.10	0.05	...	...	0.10	...	0.20	0.05	0.15
511.0	S	0.30-0.7	0.50	0.15	0.35	3.5-4.5	...	...	0.15	...	0.25	0.05	0.15
512.0	S	1.4-2.2	0.6	0.35	0.8	3.5-4.5	0.25	...	0.35	...	0.25	0.05	0.15
513.0	P	0.30	0.40	0.10	0.30	3.5-4.5	...	...	1.4-2.2	...	0.20	0.05	0.15
514.0	S	0.35	0.50	0.15	0.35	3.5-4.5	...	...	0.15	...	0.25	0.05	0.15
515.0	D	0.50-1.0	1.3	0.20	0.40-0.6	2.5-4.0	...	...	0.10	...	...	0.05	0.15
516.0	D	0.30-1.5	0.35-1.0	0.30	0.15-0.40	2.5-4.5	...	0.25-0.04	0.20	0.10	0.10-0.20	0.05 <sup>(6)</sup>	...
518.0	D	0.35	1.8	0.25	0.35	7.5-8.5	...	0.15	0.15	0.15	...	...	0.25



Alloy	Products <sup>(6)</sup>	Composition, % <sup>(b)</sup>											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Others	
												Each	Total
520.0	S	0.25	0.30	0.25	0.15	9.5-10.6	...	...	0.15	...	0.25	0.05	0.15
535.0	S	0.15	0.15	0.05	0.10-0.25	6.2-7.5	...	...	...	...	0.10-0.25	0.05 <sup>(8)</sup>	0.15
A535.0	S	0.20	0.20	0.10	0.10-0.25	6.5-7.5	...	...	...	...	0.25	0.05	0.15
B535.0	S	0.15	0.15	0.10	0.05	6.5-7.5	...	...	...	...	0.10-0.25	0.05	0.15
705.0	S, P	0.20	0.8	0.20	0.40-0.6	1.4-1.8	0.20-0.40	...	2.7-3.3	...	0.25	0.05	0.15
707.0	S, P	0.20	0.8	0.20	0.40-0.6	1.8-2.4	0.20-0.40	...	4.0-4.5	...	0.25	0.05	0.15
710.0	S	0.15	0.50	0.35-0.65	0.05	0.6-0.8	...	...	6.0-7.0	...	0.25	0.05	0.15
711.0	P	0.30	0.7-1.4	0.35-0.65	0.05	0.25-0.45	...	...	6.0-7.0	...	0.20	0.05	0.15
712.0	S	0.30	0.50	0.25	0.10	0.50-0.65	0.40-0.6	...	5.0-6.5	...	0.15-0.25	0.05	0.20
713.0	S, P	0.25	1.1	0.40-1.0	0.6	0.20-0.50	0.35	0.15	7.0-8.0	...	0.25	0.10	0.25
771.0	S	0.15	0.15	0.10	0.10	0.8-1.0	0.06-0.20	...	6.5-7.5	...	0.10-0.20	0.05	0.15
772.0	S	0.15	0.15	0.10	0.10	0.6-0.8	0.06-0.20	...	6.0-7.0	...	0.10-0.20	0.05	0.15
850.0	S, P	0.7	0.7	0.7-1.3	0.10	0.10	...	0.7-1.3	...	5.5-7.0	0.20	...	0.30
851.0	S, P	2.0-3.0	0.7	0.7-1.3	0.10	0.10	...	0.30-	...	5.5-	0.20	...	0.30

Alloy	Products <sup>(6)</sup>	Composition, % <sup>(b)</sup>											
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Others	
												Each	Total
								0.7		7.0			
852.0	S, P	0.40	0.7	1.7-2.3	0.10	0.6-0.9	...	0.9-1.5	...	5.5-7.0	0.20	...	0.30
853.0	S, P	5.5-6.5	0.7	3.0-4.0	0.50	...	...	...	...	5.5-7.0	0.20	...	0.30

Source: Ref 1

- (a) D, die casting; P, permanent mold; S, sand. Other products may pertain to the composition but are not listed.
- (b) Weight percent, maximum unless range is given or otherwise indicated. All compositions contain balance of aluminum.
- (c) 0.40-1.0 Ag.
- (d) 0.50-1.0 Ag.
- (e) 0.50 max Ti + Zr.
- (f) 0.20-0.30 Sb, 0.20-0.30 Co, 0.10-0.30 Zr.
- (g) 0.05-0.15 V, 0.10-0.25 Zr.
- (h) 0.06-0.20 V.
- (i) If iron exceeds 0.45%, manganese content shall not be less than one-half of iron content.
- (j) 0.04-0.07 Be.
- (k) 0.10-0.30 Be.
- (l) 0.8 max Mn + Cr.
- (m) 0.25 max Pb.
- (n) 0.02-0.04 Be.
- (o) 0.08-0.15 V.
- (p) 0.10 max Pb.
- (q) 0.003-0.007 Be, 0.005 max B.

# Propiedades y características detalladas por aleación

- Especificaciones y equivalencias
- Composición Química
- Aplicaciones
- Propiedades mecánicas
- Propiedades mecánicas para barras separadas (en condiciones de colada y con tratamiento térmico)
- Propiedades en función de la temperatura
- Resistencia a la compresión
- Resistencia al creep ó termofluencia
- Características de masa: densidad
- Propiedades térmicas: temperaturas de liquidus y solidus
- Coeficiente de expansión térmica
- Propiedades termofísicas
- Propiedades eléctricas
- Características de fabricación o manufactura

# Ejemplo

## Aleación: 356.0, A356.0

### ➤ Especificaciones y equivalencias

356.0, A356.0

7Si-0.3Mg

*Specifications*

AMS. 356.0: 4217, 4260, 4261, 4284, 4285, 4286. A356.0: 4218

Former ASTM 356.0, SG70A; A356.0, SG70B

SAE. 356.0: J452, 323

UNS number. 356.0: A03560. A356.0: A13560

Government. 356.0: QQ-A-601, QQ-A-596. A356.0: MIL-C-21180 (class 12)

Foreign. ISO: AlSi7Mg

## ➤ Composición Química

### *Chemical Composition*

**Composition limits.** 356.0: 0.25 Cu max, 0.20 to 0.45 Mg, 0.35 Mn max, 6.5 to 7.5 Si, 0.6 Fe max, 0.35 Zn max, 0.25 Ti max, 0.5 other (each) max, 0.15 others (total) max, bal Al. A356.0: 0.20 Cu max, 0.25 to 0.45 Mg, 0.10 Mn max, 6.5 to 7.5 Si, 0.20 Fe max, 0.10 Zn max, 0.20 Ti max, 0.05 other (each) max, 0.15 others (total) max, bal Al

**Consequence of exceeding impurity limits.** High copper or nickel decreases ductility and resistance to corrosion. High iron decreases strength and ductility.

## ➤ Aplicaciones

### *Applications*

**Typical uses.** 356.0: aircraft pump parts, automotive transmission cases, aircraft fittings and control parts, water-cooled cylinder blocks. Other applications where excellent castability and good weldability, pressure tightness, and good resistance to corrosion are required. A356.0: aircraft structures and engine controls, nuclear energy installations, and other applications where high-strength permanent mold or investment castings are required



## ➤ Propiedades mecánicas

### *Mechanical Properties*

**Tensile properties.** See Tables 29, 30, 31, 32, and 33.

**Table 29 Minimum mechanical properties for alloy A356.0-T61 castings**

Class <sup>(a)</sup>	Tensile strength <sup>(b)</sup>		Tensile yield strength <sup>(b)(c)</sup>		Elongation <sup>(d)</sup> , %	Compressive yield strength <sup>(e)</sup>	
	MPa	ksi	MPa	ksi		MPa	ksi
1	260	38	195	28	5	195	28
2	275	40	205	30	3	205	30
3	310	45	235	34	3	235	34
10	260	38	195	28	5	195	28
11	230	33	185	27	3	185	27

(a) Classes 1, 2, and 3 (levels of properties) obtainable only at designated areas of casting; classes 10, 11, and 12 may be specified at any location in casting.

(b) Specified in MIL-A-21180.

(c) 0.2% offset.

(d) In  $4d$ , where  $d$  is diameter of reduced section of tensile-test specimen.

(e) Design values; not specified

➤Propiedades mecánicas para barras separadas (en condiciones de colada y con tratamiento térmico)

Table 30 Typical mechanical properties for separately cast test bars of alloy 356.0

Temper	Tensile strength		Yield strength		Elongation <sup>(a)</sup> , %	Hardness <sup>(b)</sup> , HB	Shear strength		Fatigue strength <sup>(c)</sup>		Compressive yield strength	
	MPa	ksi	MPa	ksi			MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi
Sand cast												
T51	172	25	140	20	2.0	60	140	20	55	8.0	145	21
T6	228	33	165	24	3.5	70	180	26	60	8.5	170	25
T7	234	34	205	30	2.0	75	165	24	62	9.0	215	31
T71	193	28	145	21	3.5	60	140	20	60	8.5	150	22
Permanent mold												
T6	262	38	185	27	5.0	80	205	30	90	13	185	27

(a) In 50 mm or 2 in.

(b) 500 kg load; 10 mm ball.

(c) At  $5 \times 10^8$  cycles; R.R. Moore type test

➤Propiedades mecánicas para barras separadas (en condiciones de colada y con tratamiento térmico)

Table 31 Typical tensile properties of separately cast test bars of alloy 356.0-T6

Temperature		Tensile strength <sup>(a)</sup>		Yield strength <sup>(a)</sup>		Elongation <sup>(a)(b)</sup> , %
°C	°F	MPa	ksi	MPa	ksi	
24	75	230	33	165	24	3.5
150	300	160	23	140	20	6.0
205	400	85	12	60	8.5	18
260	500	50	7.5	35	5.0	35
315	600	30	4.0	20	3.0	60

(a) Strengths and elongations remain unchanged or improve at low temperatures.

(b) In 50 mm or 2 in.

## ➤ Propiedades en función de la temperatura

Table 32 Tensile properties of alloy 356.0-T6 at various temperatures

Temperature		Tensile strength		Yield strength <sup>(a)</sup>		Elongation, %
°C	°F	MPa	ksi	MPa	ksi	
Sand castings						
-195	-320	275	40	193	28	3.5
-80	-112	240	35	172	25	3.5
-28	-18	227	33	165	24	3.5
24	75	227	33	165	24	3.5
100	212	220	32	165	24	4
150	300	160	23	138	20	6
205	400	83	12	58	8.5	18
260	500	53	7.5	35	5	35
315	600	28	4	21	3	60
371	700	17	2.5	14	2	80

Permanent mold castings						
-195	-320	330	48	220	32	5
-80	-112	275	40	193	28	5
-28	-18	270	39	185	27	5
24	75	262	38	185	27	5
100	212	207	30	172	25	6
150	300	145	21	117	17	10
205	400	83	12	58	8.5	30
260	500	53	7.5	34	5	55
315	600	28	4	21	3	70
371	700	17	2.5	14	2	80

(a) 0.2% offset

Table 33 Tensile properties of alloy 356.0-T7 at various temperatures

Temperature		Tensile strength		Yield strength <sup>(a)</sup>		Elongation, %
°C	°F	MPa	ksi	MPa	ksi	
Sand castings						
-195	-320	283	41	240	35	2
-80	-112	248	36	220	32	2
-28	-18	235	34	215	31	2
24	75	235	34	207	30	2
100	212	207	30	193	28	2
150	300	160	23	138	20	6
205	400	83	12	58	8.5	18
260	500	53	7.5	34	5	35
315	600	28	4	21	3	60
371	700	17	2.5	14	2	80

Permanent mold castings						
-195	-320	275	40	207	30	6
-80	-112	248	36	180	26	6
-28	-18	165	34	172	25	6
24	75	220	32	165	24	6
100	212	185	27	160	23	10
150	300	160	23	138	20	20
205	400	83	12	58	8.5	40
260	500	50	7	34	5	55
315	600	28	4	21	3	70
371	700	17	2.5	14	2	80

(a) 0.2% offset



➤ Resistencia a la compresión

Compressive yield strength. See Table 29.

Poisson's ratio. 0.33

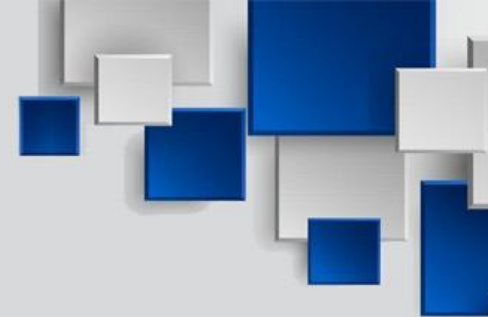
Elastic modulus. Tension, 72.4 GPa ( $10.5 \times 10^6$  psi); shear, 27.2 GPa ( $3.95 \times 10^6$  psi)

Creep-rupture characteristics. See Table 34.

➤ Resistencia al creep ó termofluencia

Table 34 Creep-rupture properties for separately cast test bars of alloy A356.0-T61

Temperature		Time under stress, h	Rupture stress		Stress for creep of:							
					1%		0.5%		0.2%		0.1%	
°C	°F		MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi
150	300	0.1	235	34	215	31	205	30	195	28	185	27
		1	235	34	215	31	200	29	185	27	180	26
		10	230	33	205	30	195	28	180	26	170	25
		100	200	29	195	28	185	27	170	25	165	24



➤Características de masa: densidad

*Mass Characteristics*

**Density.** 2.685 g/cm<sup>3</sup> (0.097 lb/in.<sup>3</sup>) at 20 °C (68 °F)

*Thermal Properties*

**Liquidus temperature.** 615 °C (1135 °F)

**Solidus temperature.** 555 °C (1035 °F)

➤Propiedades térmicas:  
temperaturas de liquidus y solidus

➤Coeficiente de expansión térmica

**Coefficient of linear thermal expansion.**

Temperature range		Average coefficient	
°C	°F	µm/m · K	µin./in. · °F
20-100	68-212	21.5	11.9
20-200	68-392	22.5	12.5
20-300	68-572	23.5	13.1



## ➤ Propiedades termofísicas

**Specific heat.** 963 J/kg · K (0.230 Btu/lb · °F) at 100 °C (212 °F)

**Latent heat of fusion.** 389 kJ/kg

**Thermal conductivity.** At 25 °C (77 °F):

## ➤ Propiedades eléctricas

Temper and form	Conductivity	
	W/m · K	Btu/ft · h · °F
T51, sand	167	96
T6, sand	151	87
T7, sand	155	90

## ➤ Propiedades eléctricas

### *Electrical Properties*

Electrical conductivity. Volumetric:

Temper and form	IACS, %
T51, sand	43
T6, sand	39
T7, sand	40
T6, permanent mold	41

Electrical resistivity. At 20 °C (68 °F):

Temper and form	Resistivity, $\text{n}\Omega \cdot \text{m}$
T51, sand	40.1
T6, sand	44.2
T7, sand	43.1
T6, permanent mold	42.1

### *Fabrication Characteristics*

**Melting temperature.** 675 to 815 °C (1250 to 1500 °F)

**Casting temperature.** 675 to 790 °C (1250 to 1450 °F)

**Solution temperature.** See Table 36.

**Table 36 Heat treatments for separately cast test bars of alloys 356.0 and A356.0**

Purpose (and resulting temper)	Temperature		Time at temperature, h
	°C	°F	
Sand castings			
Solution	535-540	995-1005	12 <sup>(a)(b)</sup>
Aging			
T51 <sup>(a)</sup>	225-230	435-445	7-9
T6 <sup>(a)</sup>	150-155	305-315	2-5
T7 <sup>(a)(c)</sup>	225-230	435-445	7-9
T71 <sup>(a)</sup>	245-250	470-480	2-4
Permanent mold castings			
Solution	535-540	995-1005	8 <sup>(a)(b)</sup>
Aging <sup>(d)</sup>			

### ➤ Características de fabricación o manufactura

(a) Soaking-time periods required for average castings after load has reached specified temperature. Time can be decreased or may have to be increased, depending on experience with particular castings.

(b) Cool in water at 65 to 100 °C (150 to 212 °F).

(c) No solution heat treatment.

(d) Start with solution heat-treated material.

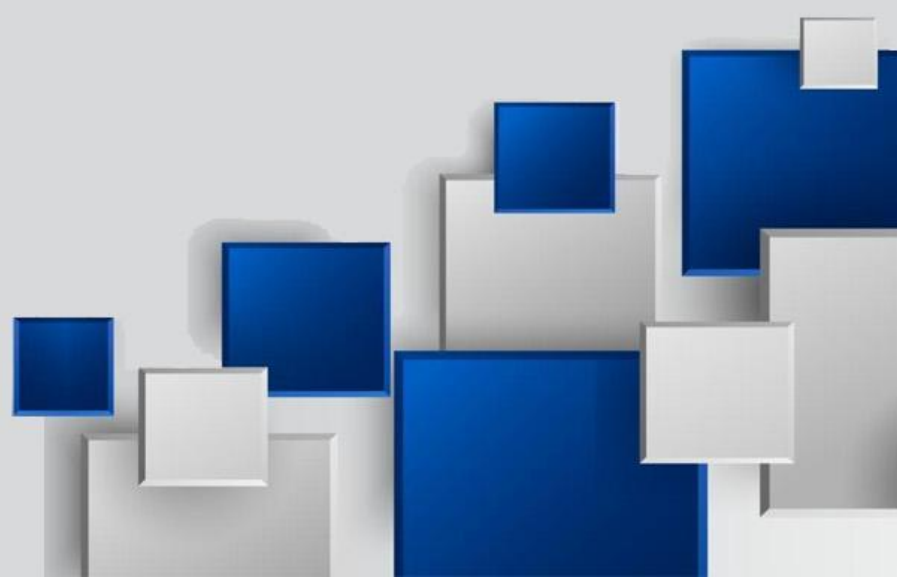

(e) U.S. Patent 1,822,877.

(f) Except for temper listed under this head, temperature values for all tempers are the same as for sand castings.

**Aging temperature.** See Table 36.

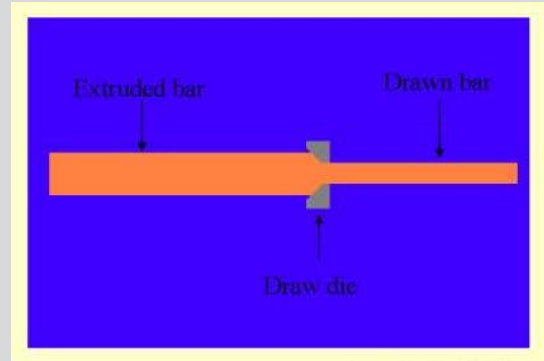
**Joining.** Same as alloy 514.0





# Aleaciones para trabajado metalmecánico (metalworking) Aluminum Wrought Alloys (AWA)

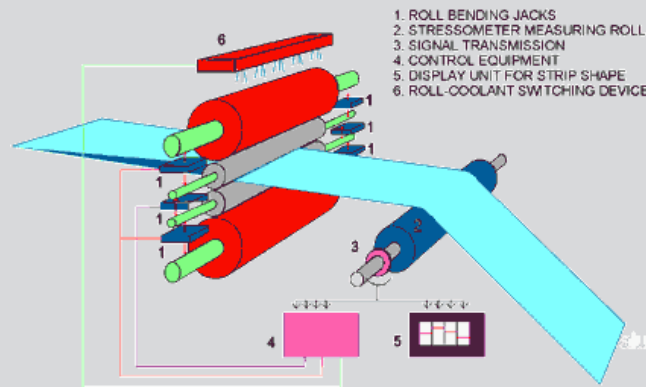
# PROCESOS DE MANUFACTURA METALMECÁNICOS (METALWORKING)



**ESTIRADO O TREFILADO**



**ALAMBRE**



**LÁMINADO**



# ALEACIONES PARA PROCESADO METALMECÁNICO: Designación, composición química, condiciones y propiedades.

Alloy	Percent composition							Strength, 1000 psi					Fatigue Endur.	Elong., % 1/16-in. Dia.
	Cu	Mg	Si	Mn	Zn	Cr	Other	Cond.	BHN	U.S.	Y.S.	S.S.		
E.C.*							99.45 Al	0		12	4	8		
1060							99.60 Al	0	19	10	4	7	3	43
1100							99.00 Al	0	23	13	5	9	5	35
2011	5.5						0.5 Pb	T3	95	55	43	32	18	
2014	4.4	0.5	0.8	0.8				0	45	27	14	18	13	21
2017	4.0	0.5		0.7				0	45	26	10	18	13	
2024	4.4	1.5		0.6				0	47	27	11	18	13	20
2218	4.0	1.5					2.0 Ni	T7	70	48	37	30		
3003	0.12			1.2				0	28	16	6	11	7	30
3004		1.0		1.2				0	45	26	10	16	14	20
4032	0.9	1.1	12.2				0.9 Ni	T6	120	55	46	38	16	
5005		0.8						0	28	18	6	11		25
5050		1.4						0	36	21	8	15	12	24
5056		5.1		0.12		0.12		0	65	42	22	26	20	
5154		3.5					0.25 Cr	0	58	35	17	22	17	27
5454		2.8		0.8			0.12 Cr	0	62	36	17	23		22
5456		5.1		0.8			0.12 Cr	0		45	23			
6003		1.2	0.7											
6061	0.27	1.0	0.6				0.2 Cr	0		17	7	11		25
6063		0.7	0.4					0	25	13	7	10	8	
6066	0.9	1.1	1.3	0.9				0	43	22	12	14		
6151		0.6	0.9				0.15 Cr							
6262	0.27	1.0	0.6				0.09 Cr, 0.55 Pb 0.55 Bi	T9	120	58	55	35	13	
7001	2.1	3.0			7.4	0.3		T6	160	98	91		22	
7075	1.6	2.5			5.6	0.3		T6		76	67	46		11
7079	0.6	3.3		0.2	4.3	0.2		T6	145	78	68	45	23	
7178	2.0	2.7			6.8	0.3		T6		88	78			10

Source: Aluminum Standards and Data, 2nd ed., pp. 14 and 27. Aluminum Association of America (Dec. 1969).

\*Electrical conducting.

Mod. of elasticity =  $10 \times 10^6$  psi (tension) =  $4 \times 10^6$  psi (compression).

Aleación	Composición (%)						Cond.	BHN	Resistencia 1000 psi			
	Cu	Mg	Si	Mn	Zn	Otros			TS	YS	Fatiga	% E
EC*						99.45 Al	0		12	4		
1060						99.60 Al	0	19	10	4	3	43
1100						99.0 Al	0	23	13	5	5	35
2011	5.5					0.5 Pb	T3	95	55	43	18	
2014	4.4	0.5	0.8	0.8			0	45	27	14	13	21
2017	4.0	0.5		0.7			0	45	26	10	13	
2024	4.4	1.5		0.6			0	47	27	11	13	20
2218	4.0	1.5				0.9 Ni	T7	70	48	37		
3003	0.12						0	28	16	6	7	30
3004		1.0		1.2			0	45	26	10	14	20
4032	0.9	1.1	12.2				T6	120	55	46		
5005		0.8					0	28	18	6		25
5050		1.4					0	36	21	8	12	24
5056		5.1		0.12	0.12		0	65	42	22	20	
5154		3.5				0.25 Cr	0	58	35	17	17	27
5454		2.8		0.8		0.12 Cr	0	62	36	17		22
5456		5.1		0.8		0.12 Cr	0		45	23		
6003		1.2	0.7									
6061	0.27	1.0	0.6			0.20 Cr	0		17	7		25
6063		0.7	0.4				0	25	13	7	8	
6066	0.9	1.1	1.3	0.9			0	43	22	12		
6151		0.6	0.9			0.15 Cr						
6262	0.27	1.0	0.6			0.09 Cr, 0.55 Pb, 0.55 Bi	T9	120	58	55	13	
7001	2.1	3.0		7.4	0.3		T6	160	98	91	22	
7075	1.6	2.5		5.6	0.3		T6		76	67		11
7079	0.6	3.3		0.2			T6	145	78	68	23	
7178	2.0	2.7		6.8	0.3		T6		88	78		10

# Condiciones de endurecimiento o trabajado

**F** tal y como se fabrico (fundición, forja, trabajado en caliente, etc.)

**O** Recocida

**H** Trabajado en frío

**H1x** Trabajado en frío donde x es la cantidad de trabajado en frío

H12 se alcanza una resistencia a la tensión entre O y H14

H14 se alcanza una resistencia a la tensión entre O y H18

H16 se alcanza una resistencia a la tensión entre H14 y H18

H18 se alcanza una reducción del 75 %

H19 se una resistencia a la tensión mayor en 2000 psi respecto a H18

**W** Tratada por disolución

**T** Endurecida por envejecimiento

T1 enfriada desde temperatura O y envejecimiento natural

T2 enfriada desde temperatura O, trabajada en frío y envejecimiento natural

T3 tratada por solución, trabajada en frío y envejecido natural

T4 tratada por solución y envejecido natural

T5 enfriada desde O y envejecido artificial

T6 tratada por solución y envejecido artificial

T7 tratada por solución y estabilizada por sobreenvejecido

T8 tratada por solución, trabajada en frío y envejecido artificial

T9 tratado por solución, envejecido artificial y trabajado en frío

T10 enfriada desde O, trabajado en frío y envejecido artificial.



## **T endurecida por envejecimiento**

**T1 enfriada desde temperatura O y envejecimiento natural**

**T2 enfriada desde temperatura O, trabajada en frío y  
envejecimiento natural**

**T3 tratada por solución, trabajada en frío y envejecido natural**

**T4 tratada por solución y envejecido natural**

**T5 enfriada desde O y envejecido artificial**

**T6 tratada por solución y envejecido artificial**

**T7 tratada por solución y estabilizada por sobreenvejecido**

**T8 tratada por solución, trabajada en frío y envejecido artif**

**T9 tratado por solución, envejecido artificial y tabajado en frío**

**T10 enfriada desde O, trabajado en frío y envejecido artificial.**





# EJEMPLOS DE COMPONENTES OBTENIDOS POR PROCESOS METAL-MECÁNICO

(Wrought Alloys)



**Industria del transporte**



**Industria Química**



**Aplicaciones marinas**




**Industria Automotriz**



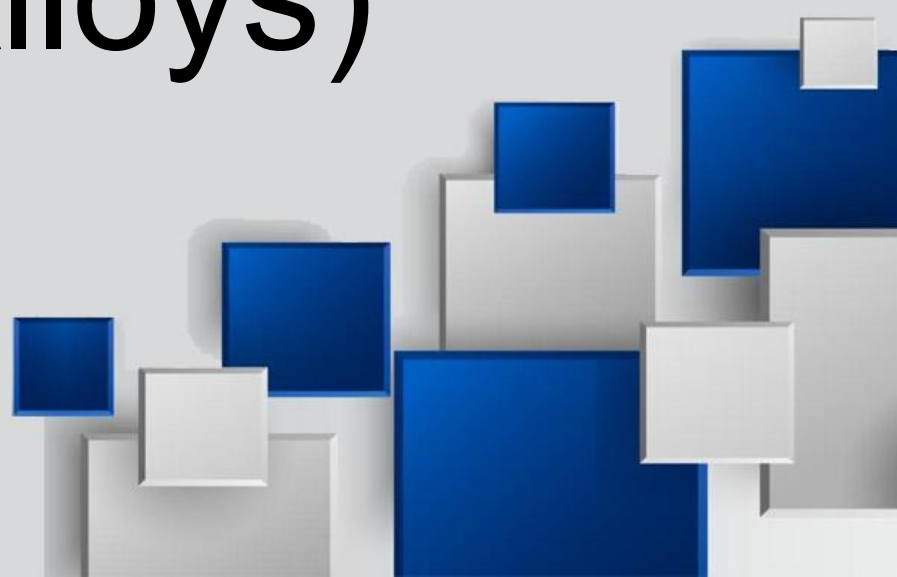
**Industria deportiva**

## **Aplicaciones específicas: Industria automotriz**

- 1100-O**      componentes eléctricos, papel
- 3003-H18**    latas para bebidas, aplicaciones arquitectónicas
- 4032-T6**      transportes aeronáutica, aeroespaciales y aplicaciones de alta resistencia



# Otras áreas de aplicación Aleaciones maestras o madre (Master Alloys)

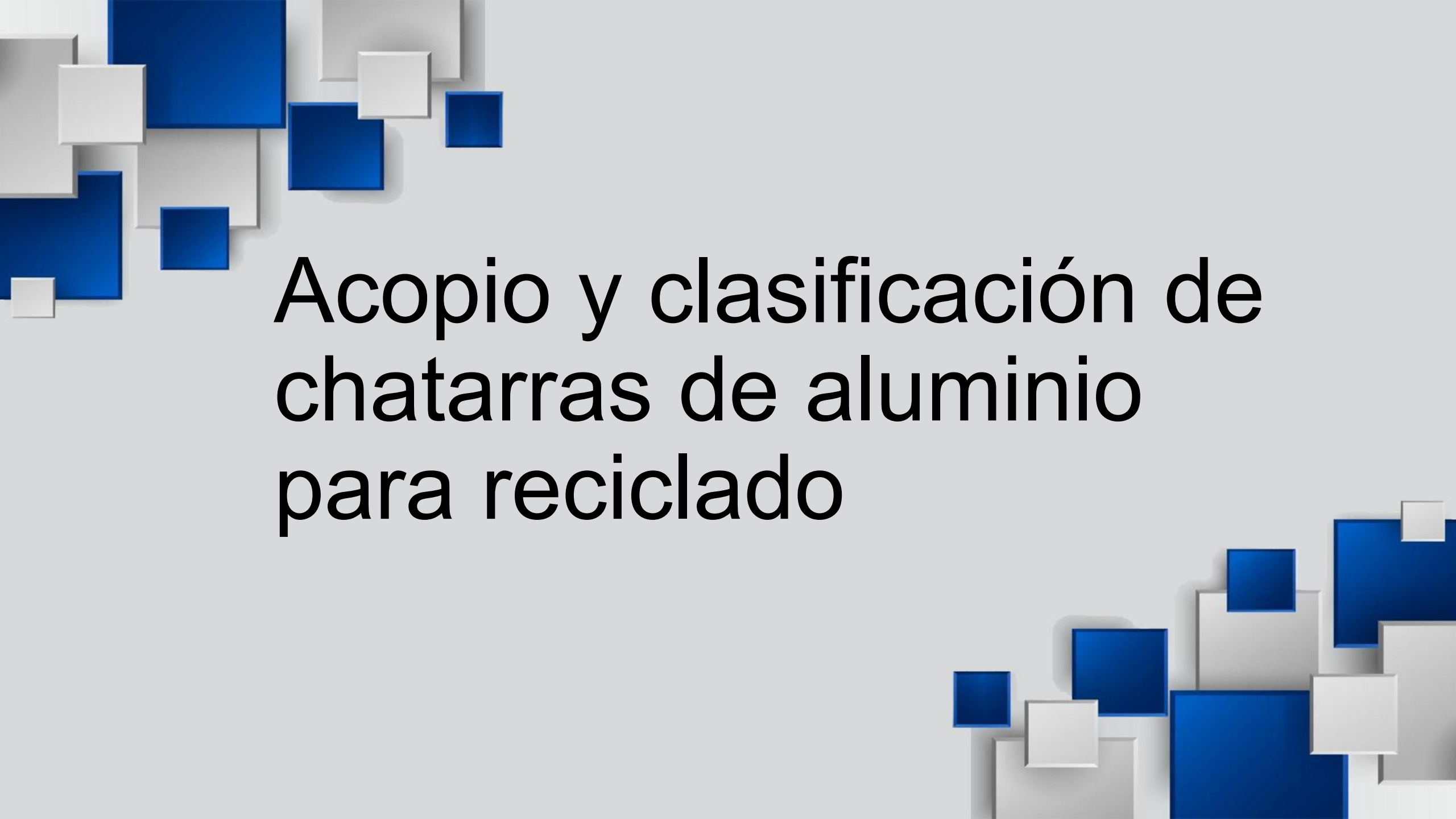


Master Alloy Aluminium -	Element Composition	Nominal	Color Code		AA Designation	CEN Designation
antimony	Sb	10%	white	yellow	-	95100
boron	B	3%	1 yellow stripe		H2203	90500
		4%	2 yellow stripes		H2204	90502
		5%	3 yellow stripes		H2217	90504
		or 8%	yellow	black	-	-
bismuth	Bi	3 or 8%	purple	yellow	H2003, H2016	98300 / -
calcium	Ca	10%	white	orange	H2009	92000
chromium	Cr	10%	1 purple stripe		H2910	92402
		20%	2 purple stripes		H2920	92404, 92405
cobalt	Co	10%	orange	light blue	H2006	92700
copper	Cu	33%	2 orange stripes		H2132	92900, 92901
		50 or 54%	3 orange stripes		H2154 (54%)	92902, 92903 (50%)
iron	Fe	10%	black	brown	-	92600, 92601
		or 20%	black	orange	H2820	92602
magnesium	Mg	10%	white	black	-	91200
		20, 25% or 50%	white	purple	- / H2010	91202 / -
			2 white	2 purple stripes	H2011	91204
manganese	Mn	10%	brown	white	-	92500, 92501
		or 25%	brown		H2425	-
nickel	Ni	10%	grey		H2500	92800
		or 20%	2 grey stripes		H2501	92802
silicon	Si	20%, 36% or 50%	white		H2302 (36%)	91400, 91401 (20%)
			2 white stripes		H2350	91402, 91403
strontium	Sr	3.5%	light blue		H2012	93800
		10%	2 light blue stripes		H2007	93804
		12%	3 light blue stripes		-	-
		or 15%	2 light blue stripes	1 orange stripe	-	-
strontium-silicon	Sr-Si	10% Sr - 14% Si	light blue	white	H2700	-
titanium	Ti	6%	red		H2006	92202
		or 10%	red	black	H2210	92204, 92205
vanadium	V	5 or 10%	black		H2605 / -	- / -
zirconium	Zr	10%	3 dark blue stripes		H2600	94002, 94003
		or 15%	dark blue	red	H2615	94004
zirconium- vanadium	Zr-V	3% Zr - 2% V	dark blue	black	H2632	-

# Tabla de aleaciones maestras

**Provedores:**  
**Milward Alloys**  
**KBAlloys**





# Acopio y clasificación de chatarras de aluminio para reciclado

## 2.4 Acopio y clasificación de chatarras de aluminio para reciclado

**Acopio:**

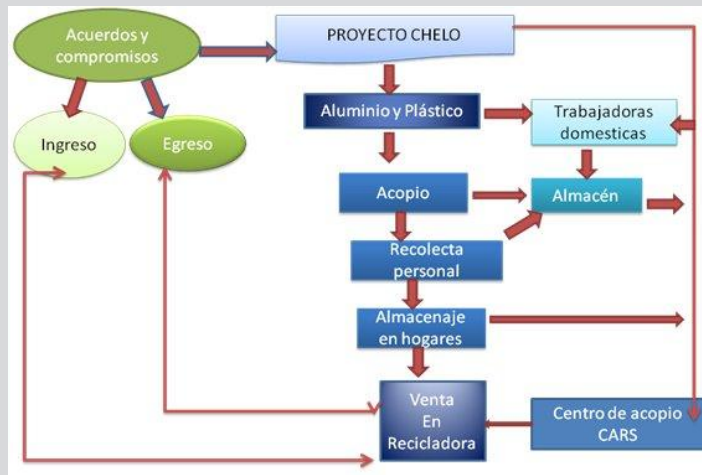
**Clasificación:**

**Compactación:**





# Acopio



# Aluminio

## Ciclo de vida sostenible



**Más del 75% del aluminio producido desde hace 100 años está actualmente en uso gracias al reciclado.**

Fuente: Gesamtverband der Aluminiumindustrie/GDA (Asociación Alemana del Aluminio).





# Clasificación de componentes de aluminio para reciclado



## ALUMINUM SCRAP CLASIFICATION

1. Aluminum Clips
2. Aluminum Borings and Turnings
3. Aluminum Solids
4. Extruded Aluminum
5. Mixed Low Copper Aluminum (MLC)
6. Painted Aluminum
7. Cast Aluminum
8. Aluminum Litho Plates
9. Aluminum Wheels
10. Aluminum/Copper Radiators
11. Aluminum Radiators
12. Aluminum Bumpers
13. Aluminum Foil
14. Contaminated Aluminum
15. Aluminum Food & Beverage Containers



# **ALUMINUM SCRAP CLASIFICATION (Clasificación de chatarra de aluminio)**

- 1.Aluminum Clips**
- 2.Aluminum Borings and Turnings (rebabas y productos de maquinado)**
- 3.Aluminum Solids**
- 4.Extruded Aluminum**
- 5.Mixed Low Copper Aluminum (MLC)**
- 6.Painted Aluminum (láminas pintadas)**
- 7.Cast Aluminum**
- 8.Aluminum Litho Plates (Placas de litografía)**
- 9.Aluminum Wheels (Rines )**
- 10.Aluminum/Copper Radiators (Radiadores)**
- 11.Aluminum Radiators**
- 12.Aluminum Bumpers (parachoques???)**
- 13.Aluminum Foil (Papel)**
- 14.Contaminated Aluminum**
- 15.Aluminum Food & Beverage Containers (Latas de bebida y alimentos)**



**Aluminum Borings  
and Turnings  
(rebabas y  
productos de  
maquinado)**



**Aluminum  
Wheels  
(Rines )**

**Aluminum Food &  
Beverage Containers  
(Latas de bebida y  
alimentos)**



**Extruded  
Aluminum**

**Aluminum Litho  
Plates (Placas de  
litografía)**





## **Extruded Aluminum**



**Aluminum Litho Plates**



**Baled Aluminum  
Cans**

## **Aluminum Radiators**





# Compactación

