

FACULTAD DE INGENIERÍA-UNCUYO

Clasificación y Selección de Aceros

Ciencia de los Materiales

Ing. Hugo I. Lucas (12/05/2013). Revisión: Dra. Ana M. Furlani (15/02/2015)

CLASIFICACIÓN DE ACEROS	3
NOMENCLATURA	3
<i>Introducción</i>	3
NOMENCLATURA ASTM	4
NOMENCLATURA AISI/SAE	5
<i>Norma AISI para aceros al carbono y aleados</i>	5
<i>Norma AISI para aceros inoxidables</i>	7
NOMENCLATURA SAE.....	8
<i>Aceros al Carbono</i>	8
Aceros de muy bajo % de carbono (desde SAE 1005 a 1015).....	8
Aceros de bajo % de carbono (desde SAE 1016 a 1030).....	9
Aceros de medio % de carbono (desde SAE 1035 a 1053).....	9
Aceros de alto % de carbono (desde SAE 1055 a 1095).....	10
<i>Aceros de media aleación</i>	10
<i>Aceros de fácil maquinabilidad o aceros resulfurados</i>	10
Grupo I (SAE 1110, 1111, 1112, 1113, 12L13, 12L14, y 1215):.....	10
Grupo II (SAE 1108, 1109, 1116, 1117, 1118 y 1119):	11
Grupo III (SAE 1132, 1137, 1139, 1140, 1141, 1144, 1145, 1146 y 1151).....	11
<i>Aceros aleados</i>	11
Ni	11
Cr-Ni.....	11
Mo	12
Cr-Mo.....	12
Cr-Ni-Mo	12
Si-Mn	12
1.- Aceros aleados de bajo % de carbono, para cementar:	12
2.- Aceros aleados de alto % de carbono, para temple directo:	13
<i>Aceros Inoxidables</i>	14
Austeníticos:.....	14
Martensíticos.....	14
Ferríticos.....	14
<i>Aceros de alta resistencia y baja aleación</i>	14
<i>Aceros para herramientas</i>	14
<i>Nomenclatura UNS</i>	15
<i>Nomenclatura ACI</i>	16
<i>Nomenclatura EN (Europea)</i>	17
Nombres.....	17
Grupo 1:.....	17
Grupo 2:.....	17
Subgrupo4	18
Números.....	18
<i>Equivalencias</i>	19

Clasificación de aceros

Nomenclatura

Introducción

A lo largo de la historia instituciones relacionadas con la fabricación y el uso de los aceros, e incluso los países adoptaron distintas formas de nomenclatura. Estas variantes en dicha nomenclatura dificultan un estudio unificado de la clasificación de los aceros debido sobre todo a la infinidad de campos que los ingenieros pueden llegar a desarrollar. Lo que sí está claro, es que como ingeniero vamos a estar en contacto con algunas o varias de estas terminologías a lo largo de nuestra carrera profesional ya sea porque debemos buscar o elegir un material en particular o por que los equipos e infraestructura que adquiramos o manipulemos van a hacer referencia a algún material en particular; y por lo tanto debemos al menos conocer su existencia si queremos estimar su vida útil o conocer su comportamiento en un ambiente determinado.

Por ejemplo trabajamos en una empresa del rubro alimenticio y nos dicen que acaban de adquirir una bomba centrífuga de tipo 304. En este caso el número 304 hace referencia a la norma americana AISI/SAE (**American Iron and Steel Institute** y **Society of Automotive Engineers** respectivamente) y como se verá más adelante la serie 300 de dicha norma nos indica que se trata de un acero inoxidable de tipo austenítico resistente a la corrosión. Por otro lado puede que nuestra bomba sea importada y en vez del nombre 304 venga clasificada según alguna de las siguientes nomenclaturas equivalentes para dicho material:

304(AISI) = S30400(UNS), X5CrNi18-10(DIN), 1.4301(W.Nr.), Z7CN18-09(AFNOR), 2333(ss), SUS304(JIS), 304S31 (BS).

Por lo tanto el objeto de este documento es acercar al estudiante de ingeniería los conceptos básicos para la clasificación y el reconocimiento de los aceros que son de uso común en la industria.

En general en Sudamérica estamos habituados a utilizar la nomenclatura del sistema americano y para referirnos a dicho sistema es necesario conocer varias instituciones que han clasificado y normalizado los aceros para la fabricación de diferentes productos en formas distintas. Entre dichas instituciones podemos encontrar:

- ASTM (American Society for Testing and Materials),
- AISI (American Iron and Steel Institute),
- ASME (American Society of Mechanical Engineers),
- SAE (Society of Automotive Engineers),
- ANSI (American National Standards Institute),
- ACI (Alloy Casting Institute),
- AWS (American Welding Society).

La existencia de este variado grupo de organismos a veces lleva a usar mal los sistemas de nomenclatura favoreciendo los errores a la hora de hacer una orden de compra.

La confusión más frecuente es la de no distinguir entre “Norma de Fabricación” y el “Grado” de un acero. Cuando hablamos de grado hace referencia a la norma ASTM.

Por ejemplo si se habla de un ASTM-A106 es un acero al carbono utilizado en cañerías sin costuras y dentro de dicha norma este acero puede ser de grado A, B o C según su contenido en carbono.

En cambio si hablamos de un ASTM-A126 este acero utilizado en conexiones de cañerías, válvulas y bridas está dividido en clases en función de su tensión de rotura y el tamaño de la probeta utilizada y no en grados.

Por otro lado la designación de un mismo acero también cambia según se trate de un producto laminado, forjado (se usa nomenclatura **AISI**, Ejemplo TP304 para tubos y cañerías, F304 para piezas forjadas, WP304 y CR304 para fittings) o un producto fundido (se usa nomenclatura **ACI**, por ejemplo CF8 para el cuerpo fundido de una válvula, no se dice "304 fundido"). Siendo, CF8 (UNS J92600): C por resistente a la corrosión, composición F en el diagrama ternario y 0.08% de carbono (similar al 304 laminado).

El código **ASME** para Calderas y Recipientes sometidos a Presión, Sección II, partes A y B, contiene los estándares para los materiales utilizados. Los ferrosos en la parte A y los no ferrosos en la parte B. Estos se basan en los estándares **ASTM** y en muchos casos son idénticos. Por esa razón se usa la misma designación para la norma pero antecediendo una S (por ejemplo ASTM A516 se llama ASME SA516).

Como se puede apreciar existe una gran diversidad y una falta de sistematización importante que se trató de resolver, mediante un sistema de numeración unificado **UNS** (Unified Numbering System) acordado entre **ASTM** y **SAE**. Sin embargo aunque este sistema está actualmente vigente no es todavía de uso común en la jerga industrial y por lo tanto es necesario conocer las bases y los materiales más importante utilizados por estas normas.

Nomenclatura ASTM

La norma ASTM no especifica la composición directamente, sino que más bien determina la aplicación o su ámbito de empleo. Por lo tanto, no existe una relación directa y biunívoca con las normas de composición.

En el caso de las normas ASTM estas se puede hablar de **Grado, Clase o Tipo** de Acero.

El esquema general que esta norma emplea para la numeración de los tipos de aceros es:

YXX

Donde Y es la primera letra de la norma que indica el grupo de aplicación según la siguiente lista:

- A: si se trata de especificaciones para aceros;
- B: especificaciones para no ferrosos;
- C: especificaciones para hormigón, estructuras civiles;
- D: especificaciones para químicos, así como para aceites, pinturas, etc.
- E: si se trata de métodos de ensayos;

La clase se distingue por las letras A, B y C (las letras indican el diámetro de la probeta utilizadas) seguido por 2 números que indican la tensión de ruptura en Ksi.

Dentro del sistema ASTM se pueden identificar normas que para ciertos usos clasifican los aceros en grados utilizando las letras A, B, C, etc....

Nomenclatura AISI/SAE

El sistema de designación AISI/SAE utiliza cuatro dígitos para designar los aceros al carbono y aceros aleados. Los dos últimos dígitos indican el contenido de carbono en centésimas de porcentaje.

Si bien SAE y AISI utilizan la misma numeración para clasificar a los aceros, la nomenclatura AISI puede agregar un prefijo indicando el proceso de manufactura. Por ejemplo a veces se intercalan letras después de los dos primeros dígitos para indicar otra característica (B indica Boro, L indica Plomo). También pueden usarse prefijos (M indica calidad corriente, E indica horno eléctrico, H indica endurecible).

En los aceros aleados los dos primeros dígitos indican los principales elementos de aleación y sus rangos.

Norma AISI para aceros al carbono y aleados

Codificación: **“ZYXX”**

La codificación AISI se interpreta como sigue:

- XX indica el tanto por ciento (%) en contenido de carbono (C) multiplicado por 100;
- Y indica, para el caso de aceros de aleación simple, el porcentaje aproximado del elemento predominante de aleación;
- Z indica el tipo de acero (o aleación). Los valores que puede adoptar Z son los siguientes:
 - Z=1: Aceros al Carbono (corriente u ordinario);
 - Z=2: Aceros al Níquel;
 - Z=3: Aceros al Níquel-Cromo;
 - Z=4: Aceros al Molibdeno, Cr-Mo, Ni-Mo, Ni-Cr-Mo;
 - Z=5: Aceros al Cromo;
 - Z=6: Aceros al Cromo-Vanadio;
 - Z=7: Aceros al Tungsteno-Cromo;
 - Z=8: para aceros al Ni-Cr-Mo;
 - Etc.

Las letras que pueden ser incorporadas en AISI como prefijo son las siguientes:

- E: Indica Fusión en horno eléctrico básico.
- H: Indica Grados de acero con templabilidad garantizada.
- C: Indica Fusión en horno por arco eléctrico básico.
- X: Indica alguna desviación del análisis de norma.
- TS: Indica que se trata de una Norma tentativa.
- B: Indica que se trata de Grados de acero con un probable contenido mayor de 0.0005% en boro.
- LC: Indicar Grados de acero con muy bajo contenido en carbono (0.03% máx.).
- F: Grados de acero automático.

Ejemplos:

- AISI 1020:
1: para indicar que se trata de un acero corriente u ordinario;
0: no aleado;
20: para indicar un contenido máx. de carbono (C) del 0.20%.
- AISI C 1020:

La letra C indica que el proceso de fabricación fue un horno por arco eléctrico básico.

- AISI 3215:
3: acero al Níquel-Cromo;
2: contenido del 1.6% de Ni, 1.5% de Cr;
15: contenido del 0.15% de carbono (C).
- AISI 4140:
4: acero aleado (Cr-Mo);
1: contenido del 1.1% de Cr, 0.2% de Mo;
40: contenido del 0.40% de carbono (C).

En la siguiente tabla se resumen los distintos tipos de acero y su contenido aproximado de elementos principales de aleación.

Aceros al Carbono	Descripción
10XX	no-resulfurado, 1.00 Mn máx
11XX	resulfurado
12XX	resulfurado y refosforizado
15XX	no-resulfurado, sobre 1.00 Mn máx
Aceros aleados	
13XX	1.75 Mn
40XX	0.20 o 0.25 Mo, o 0.25 Mo + 0.042 S
41XX	0.50, 0.80 o 0.95 Cr + 0.12, 0.20 o 0.30 Mo
43XX	1.83 Ni, 0.50-0.80 Cr, 0.25 Mo
46XX	0.85 o 1.83 Ni + 0.20 o 0.25 Mo
47XX	1.05 Ni, 0.45 Cr, 0.20 o 0.35 Mo
48XX	3.50 Ni + 0.25 Mo
51XX	0.80, 0.88, 0.93, 0.95 o 1.00 Cr
51XXX	1.03 Cr
52XXX	1.45 Cr
61XX	0.60 o 0.95 Cr + 0.13 o 0.15 V min
86XX	0.55 Ni, 0.50 Cr, 0.20 Mo
87XX	0.55 Ni, 0.50 Cr, 0.25 Mo
88XX	0.55 Ni, 0.50 Cr, 0.35 Mo
92XX	2.00 Si o 1.40 Si + 0.70 Cr
50BXX	0.28 o 0.50 Cr, 0.0005 - 0.003 B
51BXX	0.80 Cr, 0.0005-0.003 B
81BXX	0.30 Ni, 0.45 Cr, 0.12 Mo, 0.0005 - 0.003 B
94BXX	0.45 Ni, 0.40 Cr, 0.12 Mo, 0.0005 - 0.003 B

Cabe destacar además que la composición de los aceros no es exacta, sino por lo contrario existe un rango de tolerancia aceptable en referencia a los valores indicados en normas o catálogos. Por ejemplo para un AISI 4140 las tolerancias son las siguientes:

- C : 0,38-0,43 %
- Mn : 0,75-1,00 %
- Cr : 0,80-1,10 %
- Mo : 0,15-0,25 %
- Si : 0,15-0,35 %
- P menor o igual que 0,035 %
- S menor o igual que 0,040 %

Norma AISI para aceros inoxidables

Para los aceros inoxidables se usa el sistema AISI que utiliza un código de tres dígitos a veces seguido de una o más letras.

El primer dígito da una pista de la clase de acero.

- Aceros Inoxidables martensíticos:
4XX: Base Cr. Medio-alto carbono.
5XX: Base Cr, Mo. Bajo carbono.

Ejemplos: AISI 410, AISI 416, AISI 431, AISI 440, AISI 501, AISI 502, AISI 503, AISI 504.

- Inoxidables ferríticos:
4XX: Base Cr. Bajo carbono.

Ejemplos: AISI 430, AISI 442, AISI 446.

- Inoxidables austeníticos:
3XX: Base Cr, Ni. Bajo carbono.
2XX: Base Cr, Ni, Mn. Bajo carbono.

Ejemplos: AISI 302, AISI 304, AISI 316, AISI 303, AISI 202.

Además de los tres números que definen el tipo de acero en el sistema AISI se le pueden agregar sufijos para indicar la presencia de un elemento adicional o indicar alguna característica especial según como se muestra en la siguiente tabla:

Sufijo AISI	Sufijo UNS	Descripción
xxxL	Xxx01	bajo carbono < 0.03% evita SCC
xxxS	xxx08	bajo carbono < 0.08%
xxxN	xxx51	nitrógeno agregado mayor resistencia
xxxLN	xxx53	bajo C < 0.03% + N agregado
xxxF	xxx20	mayor S y P mejor mecanizado
xxxSe	xxx23	Selenio mejor mecanizado
xxxB	xxx15	Si agregado evita descamado
xxxH	xxx09	Mayor contenido de carbono
xxxCu	xxx30	Cobre agregado

Las letras del sufijo llevan asociadas un par de dígitos terminales en el correspondiente número UNS.

Cabe destacar que hay muchos aceros inoxidable que no están incluidos en el sistema AISI como los endurecibles por precipitación (clase PH) y la mayoría de los aceros dúplex. Un grupo importante de estos aceros se designa con nombres propios registrados (ejemplo 17-4PH, SAF2507, Zerón100, Ferralium 255, etc.) o simplemente por su UNS.

Nomenclatura SAE

Si bien la norma SAE codifica los aceros al igual que la norma ASTM; esta se diferencia por clasificar además a los aceros en distintos grupos:

- Aceros al carbono;
- Aceros de media aleación;
- Aceros aleados;
- Aceros inoxidable;
- Aceros de alta resistencia;
- Aceros para herramientas (ac. rápidos), etc.

Aceros al Carbono

La denominación que emplea la normativa SAE para los aceros al carbono es según el siguiente esquema:

SAE 10XX, donde XX indica el contenido de Carbono (C).

Ejemplos:

SAE 1010 (con un contenido en carbono entre 0,08 - 0,13 %C)
SAE 1040 (0,3 - 0,43 %C)

Los demás elementos que puedan estar presentes no están en porcentajes de aleación al ser pequeño su valor. Así, los porcentajes máximos para los elementos que a continuación se indican son:

- Contenido P máx = 0,04%
- Contenido S máx = 0,05%
- Contenido Mn =
 - 0,30 - 0,60% para aceros de bajo carbono (<0.30%C)
 - 0,60 - 0,90% para aceros de alto carbono (>0,60%C) y aceros al C para cementación.

Dentro de los aceros al carbono se los puede subclasificar en función de su porcentaje de carbono en los siguientes grupos:

- Aceros de muy bajo % de carbono (desde SAE 1005 a 1015)
- Aceros de bajo % de carbono (desde SAE 1016 a 1030)
- Aceros de medio % de carbono (desde SAE 1035 a 1053)
- Aceros de alto % de carbono (desde SAE 1055 a 1095)

Aceros de muy bajo % de carbono (desde SAE 1005 a 1015)

Estos aceros son usados para piezas que van a estar sometidas a un conformado en frío.

Los aceros no calmados¹ se utilizan para embutidos profundos por sus buenas cualidades de deformación y terminación superficial. Los calmados son más utilizados cuando van a ser sometido a procesos de forjados o de tratamientos térmicos.

Son adecuados para soldadura y para brazing. Su maquinabilidad se mejora mediante el estirado en frío. Son susceptibles al crecimiento del grano, y a fragilidad y rugosidad superficial si después del conformado en frío se los calienta por encima de 600°C.

Aceros de bajo % de carbono (desde SAE 1016 a 1030)

Este grupo tiene mayor resistencia y dureza, pero menor capacidad de deformación. Son los comúnmente llamados aceros de cementación. Los calmados se utilizan para forjas.

El comportamiento al temple de estos tipos de aceros depende del % de Carbono y Manganeso. Así los que presentan mayores porcentajes de C tienen mayor templabilidad en el núcleo, y los de más alto % de Mn, se endurecen más principalmente en el núcleo y en la capa.

Son aptos para soldadura y brazing. La maquinabilidad de estos aceros mejora con el forjado o normalizado, y disminuye con el recocido.

Aceros de medio % de carbono (desde SAE 1035 a 1053)

Estos aceros son seleccionados en usos donde se necesitan propiedades mecánicas más elevadas y frecuentemente llevan tratamiento térmico de endurecimiento.

Se utilizan en amplia variedad de piezas sometidas a cargas dinámicas, como ejes y árboles de transmisión. Los contenidos de C y Mn son variables y dependen de una serie de factores, como las propiedades mecánicas o la templabilidad que se requiera.

Los de menor % de carbono se utilizan para piezas deformadas en frío, aunque los estampados se encuentran limitados a plaqueados o doblados suaves, y generalmente llevan un recocido o normalizado previo. Todos estos aceros se pueden aplicar para fabricar piezas forjadas y su selección depende del tamaño y propiedades mecánicas después del tratamiento térmico.

Los de mayor % de C, deben ser normalizados después de forjados para mejorar su maquinabilidad. Son también ampliamente usados para piezas maquinadas, partiendo de barras laminadas. Dependiendo del nivel de propiedades necesarias, pueden ser o no tratadas térmicamente.

Estos tipos de aceros pueden soldarse pero deben tenerse precauciones especiales para evitar fisuras debido al rápido calentamiento y posterior enfriamiento.

¹ El **Acero Calmado o Reposado** es aquel que ha sido desoxidado por completo previamente a la colada, por medio de la adición de metales (tales como Manganeso, Silicio o Aluminio). Mediante este procedimiento se consiguen piezas perfectas pues no produce gases durante la solidificación, evitando las sopladuras.

Aceros de alto % de carbono (desde SAE 1055 a 1095)

Se usan en aplicaciones en las que es necesario incrementar la resistencia al desgaste y conseguir altos niveles de dureza en el material que no pueden lograrse con aceros de menor contenido de C.

En general no se utilizan conformados en frío, salvo plaqueados o el enrollado de resortes.

Prácticamente todas las piezas con acero de este tipo son tratadas térmicamente antes de usar, debiéndose tener especial cuidado en estos procesos para evitar distorsiones y fisuras.

Aceros de media aleación

Son aceros al Mn, y su denominación según SAE es del tipo SAE 15XX, donde el porcentaje de Mn varía entre 1,20 y 1,65, según el %C.

Ejemplos:

- SAE 1524, con contenido en el rango de 1,20 - 1,50 %Mn, y son empleados para construcción de engranajes;
- SAE 1542, indica un contenido del 1,35 - 1,65 %Mn, y son empleados para temple.

Aceros de fácil maquinabilidad o aceros resulturados

El esquema de denominación de estos aceros, según SAE, es de la siguiente forma:

SAE 11XX y SAE 12XX

Son aceros de alta maquinabilidad. La presencia de gran cantidad de sulfuros genera viruta pequeña y dado que los sulfuros poseen alta plasticidad, éstos actúan como lubricantes internos. No son aptos para soldar, ni para someterlos a tratamientos térmicos, ni forja debido a su bajo punto de fusión.

Ejemplos:

- SAE 11XX, donde el contenido de S oscila entre 0,08 - 0,13 %S;
- SAE 12XX, para este acero el contenido oscila entre 0,24 - 0,33 %S.

Este tipo de aceros pueden dividirse a su vez en tres grupos:

Grupo I (SAE 1110, 1111, 1112, 1113, 12L13, 12L14, y 1215):

Son aceros efervescentes de bajo % de carbono, con excelentes condiciones de maquinado.

Los de la serie 1200 incorporan el fósforo y los L contienen plomo. Estos elementos influyen en favorecer la rotura de la viruta durante el corte con la consiguiente disminución en el desgaste de la herramienta.

Cuando se los cementa, para lograr una mejor respuesta al tratamiento, deben estar calmados.

Grupo II (SAE 1108, 1109, 1116, 1117, 1118 y 1119):

Son un grupo de acero de bajo % de carbono y poseen una buena combinación de maquinabilidad y respuesta al tratamiento térmico. Por ello, tienen menor contenido de fósforo, y algunos de azufre, con un incremento del % de Mn, para aumentar la templabilidad permitiendo temple en aceite.

Grupo III (SAE 1132, 1137, 1139, 1140, 1141, 1144, 1145, 1146 y 1151)

Estos aceros de medio contenido % de carbono combinan su buena maquinabilidad con su respuesta al temple en aceite.

Aceros aleados

Se considera que un acero es aleado cuando el contenido de un elemento excede uno o más de los siguientes límites:

- 1,65% de manganeso (Mn)
- 0,60% de silicio (Si)
- 0,60% de cobre (Cu)
- ó cuando hay un % especificado de cromo, níquel, molibdeno, aluminio, cobalto, niobio, titanio, tungsteno, vanadio o zirconio.

Los aceros aleados se usan principalmente cuando se pretende conseguir cualquiera de las siguientes propiedades:

- Desarrollar el máximo de propiedades mecánicas con un mínimo de distorsión y fisuración;
- Favorecer la resistencia al revenido, incrementar la tenacidad, disminuir la sensibilidad a la entalla;
- Mejorar la maquinabilidad en condición de temple y revenido, comparándola con un acero de igual % de carbono en la misma condición.

Generalmente se los usa tratados térmicamente. De hecho el criterio más importante para su selección es normalmente su templabilidad, pudiendo todos ser templados en aceite.

A continuación se indican su denominación SAE según los elementos de aleación que lleven incorporados:

Ni

Denominación SAE: 23XX, 25XX.

El contenido en níquel (Ni) aumenta la tenacidad de la aleación, pero no la templabilidad, por lo que deberá incluir otro elemento aleante como Cr ó Mo.

Cr-Ni

Denominación SAE: 31XX, 32XX, 33XX, 34XX

Ejemplo:

- SAE 3115 (1,25 %Ni y 0,60 a 0,80 %Cr), que ofrece una gran tenacidad y templabilidad, no obstante el elevado contenido en Ni dificulta la maquinabilidad.

Mo

Denominación SAE: 40XX, 44XX

Son aleaciones que aumenta levemente la templabilidad del acero.

Cr-Mo

Denominación SAE: 41XX

Son aleaciones que poseen 1,00 %Cr y de 0,15 a 0,30 %Mo. Se utilizan para nitrurado, tornillos de alta resistencia, etc.

Cr-Ni-Mo

Denominación SAE: 86XX

Presentan aleaciones del 0,40 a 0,70 %Cr, 0,40 a 0,60 %Ni y 0,15 a 0,30 %Mo. Son las aleaciones más usadas por su buena templabilidad.

Ejemplos:

- SAE 8620, para cementación;
- SAE 8640, para temple y revenido.

Si-Mn

Denominación SAE: 92XX

Poseen aproximadamente 1,40 %Si y 1,00 %Mn.

Son aceros muy adecuados para resortes, dado que tienen excelente resistencia a la fatiga y templabilidad. Para resortes de menos exigencias se suele utilizar el SAE 1070.

Por otro lado, los aceros aleados se pueden clasificar en dos grandes grupos según sus aplicaciones:

1.- Aceros aleados de bajo % de carbono, para cementar:

A su vez, este grupo se puede dividir, según su templabilidad en:

- De baja templabilidad (series SAE 4000, 5000, 5100, 6100 y 8100);
- De templabilidad intermedia (series SAE 4300, 4400, 4500, 4600, 4700, 8600 y 8700);
- De alta templabilidad (series SAE 4800 y 9300).

Estos últimos se seleccionan para piezas de grandes espesores y que soportan cargas mayores.

Los otros, de baja o media templabilidad, para piezas pequeñas, de modo que en todos los casos el temple se pueda efectuar en aceite.

La dureza del núcleo depende del % de C básico y de los elementos aleantes. Esta debe ser mayor cuando se producen elevadas cargas de compresión, para soportar así mejor las deformaciones de las capas exteriores. Cuando lo esencial es la tenacidad, lo más adecuado es mantener baja la dureza del núcleo.

Necesidad del núcleo	Acero SAE
Baja templabilidad	4012, 4023, 4024, 4027, 4028, 4418, 4419, 4422, 4616, 4617, 4626, 5015, 5115, 5120, 6118 y 8615
Media templabilidad	4032, 4427, 4620, 4621, 4720, 4815, 8617, 8620, 8622 y 8720
Alta templabilidad	4320, 4718, 4817, 4820, 8625, 8627, 8822, 9310, 94B15 y 94B17

2.- Aceros aleados de alto % de carbono, para temple directo:

A su vez, este grupo se puede subdividir según el contenido de carbono:

- **Contenido de carbono nominal entre 0,30 - 0,37 %:** pueden templarse en agua para piezas de secciones moderadas o en aceite para las pequeñas.

Ejemplos de aplicación: bielas, palancas, puntas de ejes, ejes de transmisión, tornillos, tuercas.

Baja templabilidad	SAE 1330, 1335, 4037, 4130, 5130, 5132, 5135, y 8630
Media templabilidad	SAE 4135, 4137, 8637 y 94B30

- **Contenido de carbono nominal entre 0,40-0,42 %:** se utilizan para piezas de medio y gran tamaño que requieren alto grado de resistencia y tenacidad. Ejemplos de aplicación: ejes, palieres, etc., y piezas para camiones y aviones.

Baja templabilidad	SAE 1340, 4047, 5140
Media templabilidad	SAE 4140, 4142, 50B40, 8640, 8642, 8740
Alta templabilidad	SAE 4340

- **Contenido de carbono nominal 0,45-0,50 %:** se utilizan en engranajes y otras piezas que requieran alto dureza, resistencia y tenacidad.

Baja templabilidad	SAE 5046, 50B44, 50B46, 5145
Media templabilidad	SAE 4145, 5147, 5150, 81B45, 8645, 8650
Alta templabilidad	SAE 4150, 86B45

- **Contenido de carbono nominal 0,50-0,60 %:** se utilizan para resortes y herramientas manuales.

Media templabilidad	SAE 50B50, 5060, 50B60, 5150, 5155, 51B60, 6150, 8650, 9254, 9255, 9260
Alta templabilidad	SAE 4161, 8655, 8660

- **Contenido de carbono nominal 1,02 %:** se utilizan para pistas, bolas y rodillos de cojinetes, además de otras aplicaciones en las que se requieren alta dureza y resistencia al desgaste. Comprende tres tipos de acero, cuya templabilidad varía según la cantidad de cromo que contienen.

Baja templabilidad	SAE 50100
Media templabilidad	SAE 51100
Alta templabilidad	SAE 52100

Aceros Inoxidables

Se dividen en los siguientes grupos:

Austeníticos:

Los aceros inoxidables austeníticos no son duros ni templables, además de poseer una alta capacidad de deformarse plásticamente. El más ampliamente utilizado es el 304.

A esta categoría pertenecen los aceros refractarios (elevada resistencia a altas temperaturas). Ejemplo, 30330 (35% Ni, 15% Cr).

Martensíticos

Estos son templables. Si se persigue conseguir durezas más elevadas se debe aumentar el % Cr (formación de carburos de Cr). Se usan para cuchillería, dado que tienen excelente resistencia a la corrosión.

Ferríticos

Poseen bajo % de C y alto Cr (10 - 27 %) por lo que pueden mantener la estructura ferrítica aún a altas temperaturas.

Nota: Para más información dirigirse a la Sección de Aceros Inoxidables en el capítulo de Selección de Aceros en la Página 26

Aceros de alta resistencia y baja aleación

La denominación SAE de estos aceros es del tipo 9XX, donde XX · 103 lb/pulg², indica el límite elástico del acero.

Ejemplo: SAE 942.

Son de bajo % de C y aleados con Va, Nb, N, Ti, en aproximadamente 0,03% para cada uno, de manera que precipitan carbonitruros de Va, Nb, Ti que elevan el límite elástico entre 30 y 50 %.

Presentan garantía de las propiedades mecánicas y ángulo de plegado. Son de fácil soldabilidad y tenaces, aunque no admiten tratamiento térmico.

Aceros para herramientas

En aceros para herramientas, la norma AISI junto con SAE formularon códigos específicos que se detallan en la siguiente tabla:

Codificación de Aceros para Herramientas, según AISI		
Grupo	Símbolo	Descripción
Alta velocidad (rápidos)	T	Base Tugsteno (%W: 11.75-19)
Alta velocidad (rápidos)	M	Base Molibdeno (%Mo: 3.25-10.0)
Trabajo en caliente	H	Base Cr, W, Mo
Trabajo en frío	A	Media aleación, temple al aire
Trabajo en frío	D	Alto Cr, alto C (%Cr: 11.5-13.5)

Trabajo en frío	O	Templables al aceite
Resistencia al impacto	S	Medio carbono, al Si
Propósitos específicos	L	Baja aleación, medio-alto carbono
Propósitos específicos	F	Alto carbono, al W
Moldes	P	Baja aleación, bajo carbono
Templables al agua	W	Alto carbono

- “W”: Templables al agua. No contienen elementos aleantes y son de alto % de carbono (0,75 a 1.00%). Son los más económicos y en general tienen limitación en cuanto al diámetro, debido a su especificación de templabilidad.

Para trabajos en frío se usan los siguientes:

- “O” para indicar que sólo son aptos para trabajo en frío, dado que si se aumenta la temperatura disminuye la dureza.
- “A” si están templados al aire. No soportan temple en aceite pues se fisurarían. Se usan para formas intrincadas (matrices) dado que el alto contenido de cromo (Cr) otorga temple homogéneo.
- “D” o de alta aleación. Contienen alto % de carbono para formar carburos de Cr (1,10 - 1,80 %C). Poseen una gran resistencia al desgaste.

Para trabajo en caliente: “H”

- Aceros rápidos:
 - « T » en base a tungsteno
 - “M” en base a molibdeno

Los tres tipos anteriores mantienen su dureza al rojo (importante en cuchillas), y contienen carburos que son estables a alta temperatura. El Cr aumenta la templabilidad ya que se encuentra disuelto, mientras que el tungsteno y el molibdeno son los formadores de carburos. El más divulgado es el conocido como T18-4-1, que indica contenidos de W, Cr y Mo respectivamente.

“S” son aceros para herramientas que trabajan al choque. Fácilmente templables en aceite. No se pueden usar en grandes secciones o formas intrincadas.

Nomenclatura UNS

Es un sistema de código alfanumérico que comienza con una letra y es seguida por cinco dígitos, aplicable a todo tipo de aleaciones. El número UNS es único para cada aleación e indica una composición. No es una norma ni una especificación.

En muchos casos los números AISI están incorporados al código para mantener la familiaridad (ejemplo AISI 304 es UNS S30400). La letra inicial indica la categoría.

Los prefijos y sufijos usados en el sistema AISI/SAE han sido convertidos a códigos numéricos. Por ejemplo los aceros al carbono y aceros aleados comienzan con la letra “G” y son seguidos por los 4 dígitos usados por AISI/SAE. El quinto dígito representa los prefijos o letras intermedias del sistema AISI/SAE. (E, B y L corresponden a 6, 1 y 4 respectivamente). Los aceros al carbono y aleados no referidos en el sistema AISI/SAE comienzan con la letra “K”. Los aceros endurecibles comienzan con la letra “H”.

Para los aceros inoxidable se comienza con la letra "S" y los tres primeros dígitos corresponden al código AISI. Los dos últimos dígitos indican las variaciones sobre el grado básico (ejemplo 304L vs 304) tal como se indicó más arriba.

Las aleaciones de níquel comienzan con la letra "N" (ejemplo Hastelloy C-276, UNS=N10276).

Número UNS	Clase
Dxxxxx	Aceros de propiedades mecánicas específicas
Fxxxxx	Hierros fundidos
Gxxxxx	Aceros al carbono y aceros aleados AISI y SAE excepto aceros para herramientas
Hxxxxx	Aceros endurecibles AISI (tipo H)
Jxxxxx	Aceros fundidos
Kxxxxx	Aceros y aleaciones ferrosas diversas
Sxxxxx	Aceros inoxidable resistentes a corrosión y temperatura
Txxxxx	Aceros para herramientas
Wxxxxx	Metales de aporte de soldadura, electrodos cubiertos y tubulares clasificados por composición del depósito

Nomenclatura ACI

Esta nomenclatura se utiliza para los Aceros y Aleaciones resistentes a corrosión y temperatura. Para un mismo tipo de acero los productos laminados exigen características del acero diferentes a las del acero para productos moldeados (fundidos).

En los laminados el acero debe ser formado en caliente o en frío con facilidad, mientras que en los moldeados, el acero debe fluir con facilidad.

Esto exige diferencias pequeñas en la composición y se traduce en diferencias en la microestructura (tamaño y forma de granos) de los materiales resultantes. A modo de ejemplo los aceros austeníticos moldeados tienen algo de carácter ferrítico.

Los productos moldeados no tienen diferencias en sus características mecánicas según la orientación. En los productos laminados, las propiedades mecánicas tienden a tomar una orientación preferencial.

Estas diferencias hacen que se deba nombrar de manera diferente un acero dado cuando se trata de productos moldeados (fundidos).

Se dividen los materiales en dos grandes grupos. Uno resistentes a la corrosión y otro resistentes a la temperatura (>649°C).

El código ACI tiene la siguiente forma

X X 00 X X X

- El primer símbolo es una letra "C": resistente a la corrosión o "H": resistente a la temperatura.
- El segundo símbolo es una letra con la cual se indica su composición de Ni y Cr (posición en el diagrama ternario Fe-Ni-Cr) y rangos de concentración.

- El tercer y cuarto símbolo indica el contenido de carbono en centésimas de porcentaje (valor máximo para tipo C, valor promedio para tipo H).
- Los tres últimos símbolos a la derecha se reservan para indicar presencia de otros elementos especiales o alguna otra característica (M es Molibdeno, C es Columbio o Niobio, Cu es Cobre, W es Tungsteno, A indica Ferrita controlada, F indica mecanizable).

Ejemplos:

- CF8 (UNS J92600): resistente a la corrosión, composición F en el diagrama ternario, 0.08% de carbono (similar al 304 laminado).
- CF8M (UNS J92900): igual al anterior más molibdeno (similar al 316 laminado).
- CF3 (UNS J92500): igual al CF8 pero con sólo 0.03% de carbono (similar al 304L).
- CF3M (UNS J92800): igual al CF8M pero con sólo 0.03% de carbono (similar al 316L).

Nomenclatura EN (Europea)

El sistema EN trata de unificar los productos en el mercado común europeo, por lo cual se debe disponer de un sistema único de nomenclatura para los aceros y aleaciones.

La nueva forma de designar los aceros está contemplada en el estándar EN 10027, que consta de dos partes. La parte 1 se refiere a los nombres de los aceros. La parte 2 se refiere a los números únicos de los aceros. Mediante el uso de este doble sistema de designación se pretende evitar las confusiones.

Nombres

Los nombres de los aceros se clasifican en dos grupos.

Grupo 1: los aceros son designados de acuerdo a su aplicación y propiedades mecánicas y físicas. Se usa una o más letras relacionadas a la aplicación, seguida de un número relacionado a alguna propiedad relevante a su uso:

- S: Acero estructural
- P: Acero para presión
- L: Acero para línea de cañería
- E: Acero para ingeniería
- B: Acero para reforzar concreto
- Y: Acero para concreto pretensado
- R: Acero para rieles
- H: Acero plano laminado en frío o de gran resistencia para forjado en frío
- D: Productos planos para forjado en frío
- T: Acero para embalaje
- M: Acero eléctrico

Ejemplo: S185 es un acero estructural con límite elástico $Y = 185 \text{ N/mm}^2$.

Grupo 2: los aceros son designados de acuerdo a su composición química y se subdividen en cuatro subgrupos según el elemento de aleación:

Subgrupo1

Aceros sin aleación (excepto acero rápido) Mn < 1%. Se designan con la letra C seguida de un número que es 100xCarbono%.

Subgrupo2

Aceros sin aleación Mn >1%, aceros de corte, aceros aleados (excepto acero rápido) con cada aleante <5%. Se designan por un número que es 100xCarbono% seguido por símbolos de los elementos aleantes que lo caracterizan (orden decreciente) cada uno con un número redondo que indica su contenido (es el respectivo % multiplicado por un factor de acuerdo a la tabla siguiente).

Elemento	Factor
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
S, P, N, Ce	100
B	1000

Ejemplo 13CrMo4-5 (es 0.13%C, 1%Cr, 0.5%Mo)

Subgrupo3

Aceros aleados (excepto acero rápido) con mínimo un aleante >5%. Se designan con una X seguida de un número que es 100xCarbono% seguido por símbolos de los elementos aleantes que lo caracterizan (orden decreciente) cada uno con un número redondo que indica su contenido.

Ejemplo X2CrNi18-9 (es 0.02%C, 18%Cr, 9%Ni).

Subgrupo4

Aceros rápidos. Se designan con las letras HS seguidas por números que indican % de aleantes en orden W, Mo, V, Co.

Para ambos grupos si el nombre está precedido por la letra G se refiere a "fundido".

Números

Los aceros llevan un número único de la forma 1.xxxx (similar al W.Nr.). Los dos primeros dígitos indican el grupo de acero, los dos dígitos siguientes se asignan en secuencia.

Aceros no aleados	
Acero básico	1.00xx
Acero de calidad	1.01xx
Aceros especiales	1.11xx
Aceros aleados	
Aceros de calidad	1.08xx
Aceros especiales	
• Para herramientas	1.23xx
• Diversos	1.35xx
• Inox(Corr.Temp.)	1.46xx
• Estruct., presión, ingen.	1.51xx

Equivalencias

AISI	UNS laminado	DIN	W.Nr.	AFNOR	SS	JIS	BS	ACI	UNS fundido
304	S30400	x5CrNi18-10	1.4301	Z7CN18-09	2333	SUS304	304S31	CF8	J92600
304L	S30403	x2CrNi19-11	1.4306	Z3CN18-10	2352	SUS304L	304S11	CF3	J92500
316	S31600	x5CrNiMo17-12-2	1.4401	Z7CND17-11-02	2347	SUS316	316S31	CF8M	J92900
316L	S31603	x2CrNiMo17-12-2	1.4404	Z3CND17-11-02	2348	SUS316L	316S11	CF3M	J92800
316Ti	S31635	x6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	Z6CNDT17-12	2350	SUS316Ti	320S31	---	---
317	S31700	x5CrNiMo17-13	1.4449	Z6CND17-12-04	---	SUS317	317S16	CG8M	J93000
317L	S31703	x2CrNiMoN18-15-4	1.4438	Z3CND19-15-04	2367	SUS317L	317S12	CG3M	J92999
309S	S30908	x7CrNi23-14	1.4833	Z15CN24-13	---	SUH3109	309S16	---	---
310S	S31008	X2CrNi25-21	1.4845	Z8CN25-20	2361	SUH310	310S16	---	---
321	S32100	---	1.4541	Z6CNT18-10	2337	SUS321	321S31	---	---
321H	S32109	x12CrNiTi18-9	1.4878	Z6CNT18-10	2337	SUS321	321S51	---	---
347	S34700	x6CrNiNb18-10	1.4550	Z6CNNb18-10	---	SUS347	347S20	CF8C	J92710
420	S42000	X20Cr13	1.4021	Z20C13	2303	SUS420J-1	420S37	CA40	J1153
410	S41000	x12C13	1.4000	Z10C13	2301	SUS410S	403S17	CA15	J91540
431	S43100	x17CrNi16-2	1.4057	Z15CN 16-02	---	SUS431	431S29	CB30	J91803
446	S44600	x18CrN28	1.4749	Z12C25	---	SUH446	---	CC50	J92615
904L	N08904	x1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	Z2NCUD 25-20	2562	---	904S13	CN2MCuN	N08904
254SMO	S31254	---	1.4547	---	2378	---	---	CK3MCuN	J93254
2205	S31803	x2CrNiMoN 22-5-3	1.4462	Z3CND 22-05 Az	2377	SUS329 J3L	318S13	CD3MN	J92205
SAF2507	S32750	x2CrNiMoN 25-7-4	1.4410	Z3CND25-06 Az	2328	---	---	CE3MN	J93404
Alloy20	N08020	NiCr20CuMo	2.4660	Z2NCUD 31-20-Az	---	---	---	CN7M	N08007
AL6XN	N08367	---	---	---	---	---	---	CN3MN	J94651
17-4PH	S17400	x5CrNiCuNb 16-4	1.4542	Z7CNU17-04	---	SUS630	---	CB-7Cu-1	J92180
B2	N10665	NiMo 28	2.4617	ADNIC 265D	---	---	---	N7M	N30007
C4	N06455	NiMo 16Cr 16Ti	2.4610	---	---	---	---	CW2M	N26455
C22	N06022	NiCr21Mo14W	2.4602	---	---	---	---	CX-2MW	N26022
C276	N10276	NiMo 16 Cr15W	2.4819	NiMo 16Cr 15	---	---	---	CW-12MW	N30002