

F.7.8.3.3 - Reensayo - Cuando la muestra ensayada no cumple el criterio (d) de F.7.8.3.2, la prueba puede ser repetida. Si, después de un máximo de 10 aplicaciones de la carga mayorada, el criterio no se ha cumplido, la muestra debe ser rechazada y el rechazo debe ser registrado en el informe con cualquier observación adicional sobre la causa del rechazo.

F.7.8.3.4 - Medida de la resistencia última - El ensayo de resistencia última es apropiado cuando se construye un gran número de estructuras similares. No forma parte de un procedimiento de ensayos de aceptación.

Cuando la muestra de prueba es sacrificable, se puede obtener la resistencia última reapplicando las cargas mayoradas en un único incremento de carga y luego incrementando gradualmente todas las cargas impuestas proporcionalmente hasta que la muestra sea incapaz de soportar carga adicional.

Se debe registrar la carga, o cargas, última y el modo de falla.

El valor de la resistencia última medido en el ensayo debe ajustarse para tener en cuenta la diferencia entre las propiedades mecánicas y la geometría del espécimen de prueba y las propiedades mínimas especificadas y la geometría nominal. Los resultados deben ajustarse usando la fórmula de estado límite apropiada en F.7.4, F.7.5 y F.7.6 para el modo de falla particular en cuestión.

La resistencia última no debe ser menor que $1/\phi$ veces la carga mayorada. El valor de ϕ debe ser el valor relacionado con el elemento de la estructura donde ocurre primero la falla.

F.7.8.4 - ENSAYOS DE ACEPTACION PARA FATIGA

F.7.8.4.1 - Objetivos del ensayo - Cuando hay datos insuficientes para verificar un diseño mediante cálculo únicamente de acuerdo con F.7.7, se puede conseguir evidencia suplementaria mediante un programa de ensayo específico. Los datos de ensayos pueden necesitarse por una o más de las siguientes razones adicionales.

(a) La historia de carga aplicada o el espectro, para carga única o cargas múltiples, no está disponible y los cálculos teóricos están más allá de los métodos prácticos (véase F.7.7.4). Esto puede aplicarse particularmente a estructuras móviles o cargadas con fluidos donde los efectos dinámicos o de resonancia pueden tener lugar. En F.7.8.4.2 se da información sobre los métodos de prueba.

(b) La geometría de la estructura es suficientemente compleja para que los estimativos de las fuerzas en los miembros o los campos de esfuerzo locales estén más allá de los métodos prácticos de cálculo (véase F.7.7.5). En F.7.8.4.3 se da información sobre los métodos de ensayo.

(c) Los materiales, detalles dimensionales o métodos de fabricación de miembros o uniones son diferentes de aquellos dados en las tablas F.7.7.1 a F.7.7.3. En F.7.8.4.4 se da información sobre los métodos de ensayo.

Los ensayos pueden ser llevados a cabo sobre un prototipo completo o estructuras reales o sobre partes componentes de estas estructuras. El grado en el que la estructura de prueba debe reproducir los materiales, detalles dimensionales y métodos de fabricación de la estructura final dependerá de la información a ser derivada del ensayo (véanse F.7.8.4.2 a F.7.8.4.4).

F.7.8.4.2 - Derivación de datos de carga - El método para obtener los datos de carga dependerá del tipo de estructura. Se consideran los siguientes tres tipos básicos:

(a) **Estructuras fijas sometidas a carga mecánica**, por ejemplo puentes, puente grúas y soportes de maquinaria. Se pueden usar estructuras similares existentes sujetas a las mismas fuentes de carga para obtener la amplitud, desfase y frecuencia de las cargas aplicadas. Mediante transductores de deformación, deflexión o aceleración fijados a componentes seleccionados, calibrados bajo cargas aplicadas conocidas, se puede registrar el patrón de fuerza en un período típico de trabajo de la estructura usando equipo de adquisición de datos análogo o digital. Los componentes deben ser seleccionados de modo que los componentes más cargados pueden ser deducidos independientemente usando los coeficientes de influencia obtenidos con las cargas de calibración.

Alternativamente, se pueden montar celdas de carga en las interfaces entre la carga aplicada y la estructura y se puede obtener un registro continuo usando el mismo equipo.

La masa, rigidez y decremento logarítmico de la estructura de prueba debe estar dentro del 30% del que tiene el diseño final y la frecuencia natural de los modos que generan las más grandes fluctuaciones de deformación deben estar dentro del 10%. Si esto no ocurre, la respuesta de carga debe ser verificada subsecuentemente sobre una estructura hecha de acuerdo con el diseño final.

La componente de frecuencia del espectro de carga obtenido con el período de trabajo debe multiplicarse por la relación de la vida de diseño y el período de trabajo para obtener el espectro final de diseño. Se debe tener en cuenta el crecimiento en amplitud o frecuencia durante la vida de diseño cuando se requiera.

(b) Estructuras fijas sometidas a carga ambiental, por ejemplo mástiles, chimeneas y estructuras mar adentro sobre cubierta.

Los métodos de derivación del espectro de carga son básicamente los mismos descritos en F.7.8.4.2 (a) excepto que el período de trabajo generalmente necesitará ser más largo debido a la necesidad de obtener un espectro representativo de las cargas ambientales tales como viento y olas. El daño por fatiga tiende a estar confinado a una banda específica en el espectro global de carga debido a efectos de resonancia inducidos por el flujo del fluido. Todo esto tiende a ser muy específico en dirección, frecuencia y amortiguamiento y por esta razón se necesita mayor precisión para simular las propiedades estructurales (masa, rigidez y amortiguamiento) y las propiedades aerodinámicas (geometría de la sección transversal).

Se recomienda que la carga sea verificada subsecuentemente sobre una estructura con el diseño final si los datos de carga originales son obtenidos de estructuras con una frecuencia natural o un amortiguamiento que difieran en más del 10%, o si la forma de la sección transversal no es idéntica.

Se puede obtener un espectro de diseño final en términos de dirección, amplitud y frecuencia de carga, apropiadamente modificado comparando los datos de carga obtenidos durante el período de recolección de datos con los registros meteorológicos obtenidos para un período igual a la vida de diseño típica de la estructura.

(c) Estructuras móviles, por ejemplo vehículos de carretera y sobre rieles y botes.

En estos tipos de estructura, la geometría de la superficie sobre la que se mueve la estructura debe definirse adecuadamente en términos de forma y amplitud de ondulaciones y frecuencia porque esto tendrá un efecto significativo en la carga dinámica sobre la estructura. Otros efectos de carga tales como cargas de cargue y descargue pueden medirse usando los principios presentados en F.7.8.4.2 (a).

Las superficies sobre las que se mueve la estructura tales como pistas construidas con el propósito de ensayo, pueden usarse para obtener historias de carga para diseños prototipo. Se deben usar con precaución los datos de carga de estructuras previas ya que pequeñas diferencias pueden alterar substancialmente la respuesta dinámica. Se recomienda que esa carga se verifique en el diseño final si no se adopta un ensayo de fatiga a escala natural (véase F.7.8.4.4).

F.7.8.4.3 - Derivación de los datos de esfuerzo

(a) Datos de ensayo de componentes - Cuando hay miembros simples tales que las principales componentes de fuerza en el miembro pueden ser calculadas o medidas fácilmente, es apropiado probar componentes que contengan la unión o detalle que debe ser analizado.

Un espécimen apropiado de idénticas dimensiones al usado en el diseño final debe ser calibrado usando un método conveniente tal como deformímetros eléctricos, patrones con borde de moiré o técnicas elásticas térmicas. Los extremos del componente deben estar suficientemente alejados del área local de interés para que los efectos locales en el punto de aplicación de las cargas no afecten la distribución de esfuerzos en ese punto. Las componentes de fuerza y los gradientes de esfuerzos en la región de interés deben ser idénticos a los que tendría en la estructura completa.

Se pueden obtener coeficientes de influencia a partir de cargas estáticamente aplicadas que permitirán determinar el patrón de esfuerzos para cualquier combinación deseada de componentes de carga. Los coeficientes pueden ser obtenidos, si se requiere, a partir de especímenes a escala siempre que el componente total se escale igualmente.

(b) Datos de ensayo de estructuras - En ciertos tipos de estructura tales como estructuras de cascarones, la continuidad del material estructural puede hacer impracticable el aislar componentes con fuerzas simples aplicadas. En este caso los datos de esfuerzo deben obtenerse a partir de prototipos o estructuras de producción.

Para la medición, se pueden usar métodos similares a los de ensayos de componentes. Para el uso más general, se recomienda que las cargas estáticas se apliquen como componentes individuales de modo que los esfuerzos puedan combinarse usando los coeficientes de influencia individuales para el punto de interés. La carga debe pasar por un ciclo de prueba antes de obtener los datos de coeficientes de influencia.

(c) Verificación de la historia de esfuerzos - El mismo método descrito en F.7.8.4.3(b) puede ser usado para verificar la historia de esfuerzos en un punto durante la prueba del prototipo bajo una carga específica. En este caso, el equipo para la adquisición de datos usado en F.7.8.4.2 (a) debe ser usado para registrar la historia de esfuerzo total o para realizar una operación de conteo de ciclos. El conteo de ciclos puede ser usado para predecir la vida una vez que la curva $f_r - N$ apropiada haya sido escogida.

Otra opción, que puede ser usada en el caso de historias de carga sobre las que se tenga incertidumbre, es mantener el dispositivo de conteo de ciclos permanentemente fijado a la estructura en servicio.

F.7.8.4.4 - Derivación de los datos de resistencia a la fatiga

(a) Ensayo de componentes - Siempre que los espectros de fuerza o los datos de historia de esfuerzo sean conocidos, se puede hacer el ensayo de componentes para verificar el diseño de partes críticas de la estructura. El componente a ensayar debe ser fabricado con exactamente las mismas dimensiones y procedimientos que se intenta usar en el diseño final. Todos estos aspectos deben estar completamente documentados antes de fabricar el componente de prueba. Adicionalmente, cualquier método de ensayo no destructivo y los criterios de aceptación deben estar documentados en el informe conjuntamente con el informe del inspector sobre la calidad de las uniones a ensayar.

Los especímenes de prueba deben ser cargados de manera similar a la descrita en F.7.8.4.2 (a). Se deben usar medidores de deformación para verificar que las fluctuaciones de esfuerzo son las requeridas. La localización de estos medidores debe ser tal que ellos estén registrando el parámetro de esfuerzo correcto (véase F.7.7.5). Si se está registrando el esfuerzo nominal, el medidor debe estar por lo menos a 10 mm de cualquier borde de la soldadura. Cuando el gradiente de esfuerzos es alto se deben usar tres medidores para permitir la interpolación.

Para obtener una curva $f_r - N$ que sirva para diseño, se debe ensayar un número mínimo de ocho especímenes idénticos que den resistencias a la fatiga en el rango de 10^3 a 10^9 ciclos. Se debe calcular una curva media y una curva de diseño que es paralela a la media pero separada no menos de 2 desviaciones estándar y no mayor que el 80% del valor de la resistencia, lo que sea menor. Esto tiene en cuenta las amplias variaciones en la producción que normalmente se esperan en un único juego de especímenes para ensayo de fatiga.

Para diseños con tolerancia de daño se debe obtener un registro del crecimiento de la grieta de fatiga con el número de ciclos.

Alternativamente, si se conoce la historia de esfuerzos de diseño y está disponible un equipo de amplitud variable, el espécimen puede ser ensayado bajo la historia de esfuerzos no mayorada.

(b) Ensayos a escala natural - Se pueden hacer ensayos a escala natural bajo las condiciones de operación reales o en un equipo de ensayo con las componentes de carga de prueba aplicadas hidráulicamente o con otros métodos de control.

Las condiciones para la fabricación de la estructura deben ser las mismas que para en ensayo de componentes descritas en el literal (a) de este numeral

Las cargas aplicadas no deben exceder las cargas nominales.

Cuando las cargas de servicio varían de una manera aleatoria entre límites, deben representarse mediante una serie equivalente de cargas acordada por las partes interesadas

Alternativamente, la carga, o cargas, de prueba debe ser igual a la carga, o cargas, sin mayorar.

La aplicación de cargas a la muestra debe reproducir exactamente las condiciones de aplicación esperadas para la estructura o el componente en servicio

El ensayo debe continuar hasta que ocurra la fractura o hasta que la muestra sea incapaz de responder a la carga total de prueba a causa del daño sufrido

El número de aplicaciones de carga, o cargas, de prueba para la falla debe ser exactamente contado y registrado con observaciones sobre el desarrollo progresivo de defectos.

F.7.8.4.5 - Aceptación - El criterio de aceptación depende de si la estructura es requerida para un comportamiento de vida segura o para un comportamiento de daño tolerable.

(a) En un diseño de vida segura, el estado límite determinante es aquel definido en F.7.3.6.2. Para aceptación, la vida hasta la falla determinada mediante ensayo y ajustada para tener en cuenta el número de resultados de ensayos disponible, no debe ser menor que la vida de diseño mayorada como se define en F.7.3.6.2

$$\frac{N_a}{F} \geq \text{vida de diseño mayorada} \quad (\text{F.7-133})$$

donde

N_a = media logarítmica de la vida hasta la falla

F = coeficiente dependiente del número efectivo de resultados de ensayos disponible, como se define en la tabla F.7.8.1

(b) En un diseño con tolerancia de daño, el estado límite determinante es aquel definido en F.7.3.6.3. La aceptación depende de la vida de una grieta que alcanza un tamaño que podría ser detectado por un método de inspección que puede ser aplicado en servicio. También depende de la tasa de crecimiento de la grieta, consideraciones de longitud crítica de grieta y las implicaciones para la seguridad residual de la estructura y el costo de reparación

Los criterios para factorar la vida medida y para aceptación variarán de una aplicación a otra y deben ser acordados con el ingeniero responsable de la aceptación

Tabla F.7.8.1
Coficiente de prueba de fatiga F

Resultados de ensayo	Número de muestras ensayadas							
	1	2	4	6	8	9	10	100
Muestras idénticas ensayadas, todas, a la falla. Todas las muestras fallaron, coeficientes basados en la media logarítmica suponiendo que la desviación estándar de la población es (log 0.176)	3.80	3.12	2.73	2.55	2.48	2.44	2.40	2.09
Muestras idénticas ensayadas simultáneamente. Primera muestra en fallar con una desviación estándar de la población supuesta como (log 0.176)	3.80	2.67	2.01	1.75	1.60	1.54	1.54	0.91

F.7.8.5 - INFORME - Al concluir cualquier ensayo realizado de acuerdo con esta sección se debe redactar un certificado de prueba tipo que contenga la siguiente información:

- (a) nombre y dirección del laboratorio
- (b) referencia de acreditación del equipo de ensayo (cuando sea apropiado)
- (c) fecha del ensayo
- (d) nombre o nombres de los testigos
- (e) descripción de las muestras ensayadas mediante:
 - número de serie (cuando sea apropiado), o
 - número de plano o planos (cuando sea apropiado), o
 - descripción con esquemas o diagramas, o
 - fotografías
- (f) descripción de los sistemas de carga aplicados incluyendo referencias a las normas que sean necesarias
- (g) registro de las aplicaciones de carga y las reacciones a la carga medidas, esto es, deflexión, deformación, vida
- (h) resumen de cargas, deformaciones y esfuerzo en puntos de críticos de aceptación, correspondientes a los criterios de aceptación definidos en F 7.8.3.2
- (i) registro de la carga última y el modo de falla
- (j) registro de localización de observaciones mediante referencia a (e).
- (k) notas sobre cualquier comportamiento observado relevante para la seguridad o servicio del objeto ensayado, por ejemplo, naturaleza y localización del agrietamiento en un ensayo de fatiga
- (l) registro de las condiciones ambientales en el momento del ensayo cuando sea relevante
- (m) informe de validación por parte de la autoridad competente, de todo el equipo de medición usado
- (n) definición del propósito u objetivos del ensayo
- (o) informe de cumplimiento o no cumplimiento con los criterios de aceptación relevantes

- (p) registro de nombres y cargos de las personas responsables del ensayo y que elaboran el informe
 - (q) número de serie del informe y fecha de expedición
-



APENDICE F.7-A NOMENCLATURA DE PRODUCTOS DE ALUMINIO

F.7.A.1 - INTRODUCCION

La información completa sobre la nomenclatura de las aleaciones de aluminio forjado y de fundición se consigue en las normas internacionales.

F.7.A.2 - GRUPOS DE ALEACIONES

F.7.A.2.1 - GENERALIDADES - La primera parte de la designación de una aleación de aluminio indica el grupo de aleación y consiste de cuatro dígitos así:

(a) Aluminio 99.00% (m/m) mínimo y más	1***
 (b) Grupos de aleaciones de aluminio según su mayor elemento aleado	
Cobre	2***
Manganeso	3***
Silicio	4***
Magnesio	5***
Magnesio y silicio	6***
Zinc	7***
Otro elemento	8***
Serie no usada	9***

F.7.A.2.2 - GRUPO 1*** - En el grupo 1***, para pureza mínima de aluminio del 99.00% (m/m) y mayor, los dos últimos de los cuatro dígitos en la designación indican el porcentaje mínimo de aluminio. Estos dígitos son los mismos dígitos que hay a la derecha del punto decimal en el porcentaje mínimo de aluminio cuando se expresa aproximado al 0.01% (m/m) más próximo.

El segundo dígito en la designación indica modificaciones en los límites de impurezas o elementos aleados. Si el segundo dígito es cero, indica un aluminio no aleado con límites de impureza naturales. Los números 1 a 9, que se asignan consecutivamente cuando se necesitan, indican control de una o más impurezas individuales o elementos aleados.

F.7.A.2.3 - GRUPOS 2* a 8***** - En los grupos 2*** a 8***, los últimos dos de los cuatro dígitos de la designación no tienen significado especial sino que sirven únicamente para identificar las diferentes aleaciones de aluminio dentro del grupo. El segundo dígito indica modificaciones en la aleación. Si el segundo dígito es cero, indica la aleación original. Los números 1 a 9, que son asignados consecutivamente, indican modificaciones de la aleación.

F.7.A.2.4 - VARIACIONES NACIONALES - Las variaciones nacionales de aluminio forjado y aleaciones de aluminio forjado registradas por diferentes países se identifican por una letra serial después de la designación numérica. Las letras seriales son asignadas en secuencia alfabética empezando por la A para la primera variación nacional registrada pero omitiendo la I, O y Q.

F.7.A.3 - TEMPLE O CONDICION

F.7.A.3.1 - GENERALIDADES - La designación para el temple o condición del aluminio o de la aleación de aluminio se indica con una letra que puede ir seguida por un número o números. Esta parte de la designación sigue a la designación del grupo de aleación y está separada por un guión.

F.7.A.3.2 - ALEACIONES NO TRATADAS EN CALIENTE - Las aleaciones no tratadas en caliente (por ejemplo, 5083) son aquellas cuya resistencia sólo puede ser incrementada por endurecimiento por deformación. Este

endurecimiento por deformación puede ser deliberado, como en el enderezamiento por estirado de una extrusión, o debido a formado u otro trabajo en frío de un producto terminado. Los temple de los productos no tratados en caliente se identifican por sufijos con las siguientes letras y símbolos:

- F** **Como fue fabricado.** Esta designación de temple se aplica al material que adquiere algún temple con el proceso de formación en el que no hay control especial sobre el tratamiento térmico o el endurecimiento por deformación. Para productos forjados sin límites de propiedades mecánicas.
- O** **Recocido.** Esta designación de temple se aplica al material que es totalmente recocido para obtener la más baja condición de resistencia.
- H** **Endurecido por deformación.** Esta designación de temple se aplica al material sometido a la aplicación de trabajo en frío y recocido parcial (o formado en caliente), o a una combinación de trabajo en frío y recocido parcial o estabilización, para lograr las propiedades mecánicas especificadas. La H va siempre seguida por dos o más dígitos que indican el grado final de endurecimiento por deformación. El primer dígito que sigue la H indica la combinación específica de operaciones básicas como sigue:
 - H1** **Endurecido por deformación únicamente.** Esta designación de temple se aplica al material sometido a la aplicación de trabajo en frío después del recocido o formado en caliente.
 - H2** **Endurecido por deformación y parcialmente recocido.** Esta designación de temple se aplica para conseguir las propiedades mecánicas especificadas.
 - H3** **Endurecido por deformación y estabilizado.**

El segundo dígito (2, 4, 6 u 8) que sigue la designación H1 o H2 indica el grado de endurecimiento por deformación en orden ascendente de temple.

El efecto de calentar estos materiales es reducir su resistencia. La resistencia sólo puede ser recuperada por más endurecimiento por deformación.

F.7.A.3.3 - ALEACIONES TRATADAS EN CALIENTE - Las aleaciones tratadas en caliente (por ejemplo, 6082) derivan su resistencia mejorada de una o dos fases de tratamiento en caliente. La primera fase, tratamiento en caliente de solución, consiste en calentar el material completamente hasta una alta temperatura prescrita y luego enfriarlo bruscamente sumergiéndolo en agua fría; el enfriamiento rápido incrementa considerablemente la resistencia por encima de la condición caliente, recocida. En la segunda fase, tratamiento en caliente de precipitación, o envejecimiento, se mantiene el material durante un tiempo prescrito a una temperatura moderada y esto produce un incremento adicional en la resistencia. Con algunas aleaciones, el envejecimiento ocurre naturalmente después de algunos días o semanas a temperatura ambiente y, por lo tanto, se puede descartar el segundo tratamiento formal en caliente. La condición de un producto tratable en caliente se identifica por los siguientes sufijos con letras y símbolos.

- O** Recocido
- F** Como fue fabricado, sin tratamiento formal en caliente
- T4** Tratado en caliente en solución y envejecido naturalmente
- T5** Enfriado después de un proceso de formación a temperatura elevada y luego envejecido artificialmente
- T6** Tratado en caliente en solución y luego envejecido artificialmente
- T8** Tratado en caliente en solución, trabajado en frío y luego envejecido artificialmente

F.7.A.4 - EJEMPLOS DE NOMENCLATURA DE ALEACION Y TEMPLE

Algunos ejemplos de nomenclatura de aleación y temple son los siguientes:

- (a) **5154A-H24** Indica la aleación 5154 de magnesio, no tratada en caliente, con una variación nacional, que ha sido endurecida por deformación y parcialmente recocida para lograr las propiedades mecánicas especificadas para un temple entre el recocido y el completamente endurecido.

(b) **6082-T6** Indica la aleación de forjado 6082 de magnesio - silicio, tratable en caliente, en la forma de totalmente tratada en caliente.

F.7.A.5 - NOMENCLATURA DE TEMPLE PARA ALEACIONES EN NORMAS QUE NO HAN ADOPTADO EL SISTEMA DE DESIGNACION DE TEMPLE ALTERNO NTC 1937 (ISO 2107)

F.7.A.5.1 - GENERALIDADES - Aquellas aleaciones que no han adoptado el sistema de designación de temple alterno NTC 1937 (ISO 2107), usan el siguiente sistema de designación de temple.

F.7.A.5.2 - ALEACIONES NO TRATADAS EN CALIENTE - El temple de las aleaciones no tratadas en caliente se identifica por los siguientes sufijos con letras y símbolos:

O	La más blanda, esto es, recocida
M	Como fue fabricada, esto es, parcialmente endurecida en el curso ordinario de la fabricación
H2 a H18	Grados progresivos de endurecimiento

F.7.A.5.3 - ALEACIONES TRATADAS EN CALIENTE - La condición de un producto tratado en caliente se identifica por un sufijo con una o dos letras:

O	Recocida
M	Como fue fabricada, sin tratamiento formal en caliente
TB	Tratada en caliente en solución
(TB7)	Tratada en caliente en solución y estabilizada, se aplica a fundiciones)
TF	Totalmente tratada en caliente, esto es, con las dos fases de tratamiento
TE	Envejecida artificialmente sin un tratamiento en caliente en solución previo
TH	Tratada en caliente en solución, trabajada en frío y luego envejecida artificialmente

F.7.A.5.4 - EJEMPLOS DE NOMENCLATURA DE ALEACION Y TEMPLE - Algunos ejemplos de nomenclatura de aleación y temple se dan a continuación:

- (a) **LM25-TE** Indica la aleación de fundición LM25 de magnesio - silicio, tratada en caliente, con tratamiento en caliente de precipitación únicamente.
- (b) **7020-TF** Indica la aleación de forjado 7020 de zinc, tratable en caliente, en la forma totalmente tratada en caliente.

F.7.A.6 - EQUIVALENTES DE ALEACIONES DE ALUMINIO

La tabla F.7.A.1 enumera los equivalentes extranjeros más cercanos de las aleaciones de forjado y fundición de las tablas F.7.2.1 y F.7.2.2. No son necesariamente equivalentes exactos y para información detallada sobre su composición y propiedades se deben consultar las normas internacionales pertinentes. Se dan también las anteriores designaciones de las aleaciones de las tablas F.7.2.1 y F.7.2.2.

Tabla F.7.A-1
Equivalente más cercano de las aleaciones para forjado y fundición

British Standard	ISO	BS anterior	International Aluminium Association	Austria	Bélgica	Canadá	Francia	Alemania
1200	Al99,0	S1C	1200	Al99	1200	2S	1200	Al99
3103	Al Mn1	N3	3103	AlMn	-	-	-	AlMn1
3105	Al Mn0,5Mg0,5	N31	3105	-	-	-	3105	AlMn0,5Mg0,5
5083	Al Mg4,5Mn0,7	N8	5083	AlMg4,5Mn	5083	5083	5083	AlMg4,5Mn
5154A	Al Mg3,5(A)	N5	5154A	-	5154	-	5154	-
5251	Al Mg2	N4	5251	-	5251	-	5251	AlMg2Mn0,3
5454	Al Mg3Mn	N51	5454	-	5454	5454	5454	AlMg2,7Mn
6061	Al Mg1SiCu	H20	6061	-	6061	6061	6061	AlMg1SiCu
6063	Al Mg0,7Si	H9	6063	-	6063	-	-	-
6082	Al Si1MgMn	H30	6082	-	6082	-	6082	AlMgSi1
7020	Al Zn4,5Mg1	H17	7020	AlZn4,5Mg1	7020	-	7020	-
LM5	Al Mg5Si1	LM5	514.1	G-AlMg5	SG AlMg6	GS40	A-G6	G-AlMg5
LM6	Al Si12	LM6	A413.2	G-AlSi	SG AlSi12 DG AlSi12Fe	S12N	A-S13	G-AlSi12
LM25	Al Si7Mg	LM25	A356.2 356.2 357.1 A357.2	-	SG AlSi7Mg	SG 70N SG 70	A-S7G A-S7G03 A-S7G06	G-AlSi7Mg

Tabla F.7.A-1
Equivalente más cercano de las aleaciones para forjado y fundición (continuación)

British Standard	Italia	Japón	Noruega	España	Suecia	Suiza	USA
1200	P-Al99,0	A1200	-	L-3001/Al99	Al99,0	Al99,0	1200
3103	P-Al Mn1,2	-	AlMn1	L-3811/Al-1Mn	Al-Mn1	AlMn	3103
3105	-	A3105	-	L-3831/Al-0,5MnMg	-	-	3105
5083	P-Al Mg4,5	A5083	AlMg4,5Mn	L-3321/Al-4,5Mg	Al-Mg4,5Mn	-	5083
5154A	-	A5154	-	L-3392/Al-3,5Mg	Al-Mg3,5	-	5154
5251	P-Al Mg2Mn	-	AlMg2	L-3361/Al-2Mg	-	-	-
5454	P-Al Mg2,7Mn	A5454	-	L-3391/Al-3MgMn	-	AlMg2,7Mn	5454
6061	P-Al Mg1SiCu	A6061	-	L-3420/Al-1MgSiCu	-	-	6061
6063	P-Al Si0,5Mg	A6063	AlMgSi	L-3441/Al-0,7MgSi	Al-Mg0,5Si	AlMgSi0,5	6063
6082	P-Al Si1MgMn	-	AlSi1Mg	L3453/Al-1SiMgMn	Al-SiMgMn	AlMgSi1Mn	-
7020	P-Al Zn4,5Mg	A7M01	-	L-3741/Al-4Zn1Mg	Al-Zn4,5Mg	AlZn4,5Mg	-
LM5	G-Al Mg5	ADC6 C7AV C7ASAC7A	AlMg5Si1	L-2331	4163	-	514.1
LM6	G-Al Si13	DIV DIS ADC1 C3AV C3AS AC3A	AlSi12(Fe)	L-2520	4261	G-AlSi13	A413.2
LM25	G-Al Si7MgMn	C4CV C4CS AC4C AC4CH C4CHS	AlSi7MgFe	L-2651 L-2652 L-2653	4244 4445	G-AlSi7Mg	A356.2 356.2 357.1 A357.2

APENDICE F.7-B VALORES TÍPICOS DE VIDA DE DISEÑO

El procedimiento de evaluación de la fatiga (véase F.7.7.3) requiere una vida de diseño para la estructura. Cuando esta vida no es especificada por el cliente, el diseñador puede usar los valores típicos dados en la tabla F.7-B.1.

Tabla F.7.B-1
Valores típicos de la vida de diseño

Estructura	Vida de diseño
	años
Puentes de autopistas	120
Obras de protección contra inundaciones	100
Edificios, estructura primaria	100
Rompeolas	60
Torres en celosía y mástiles	50
Torres altas	50
Vehículos sobre rieles	35
Edificios, revestimiento	30
Botes	30
Gruas	20
Contenedores	15
Carrocería de vehículos	10
Andamiaje	10

APENDICE F.7-C DERIVACION DE LOS ESFUERZOS LIMITE DEL MATERIAL PARA USAR EN EL DISEÑO

F.7.C.1 - ESFUERZOS LIMITES PARA EL MATERIAL BASE

Los esfuerzos límite p_o , p_a y p_v usados en el diseño de miembros que figuran en las tablas F.7.4.1 y F.7.4.2 se basan en las siguientes expresiones. Estas expresiones pueden usarse para obtener p_o , p_a y p_v para materiales no cubiertos por las tablas F.7.4.1 y F.7.4.2.

- | | |
|---|---|
| <p>(a) Materiales que tienen $f_u \leq 1.4f_{0.2}$</p> <p>$p_a = 0.5(f_{0.2} + f_u)$</p> <p>$p_v = 0.6p_o$</p> | <p>$p_o = f_{0.2}$</p> |
| <p>(b) Materiales que tienen $f_u > 1.4f_{0.2}$</p> <p>$p_a = 1.2f_{0.2}$</p> | <p>$p_o = 1.28f_{0.2} - 0.2f_u$</p> <p>$p_v = 0.6p_o$</p> |

donde $f_{0.2}$ y f_u son normalmente tomados como el esfuerzo de prueba a tensión del 0.2% mínimo garantizado y la resistencia a tensión del material, respectivamente. Cuando no se cita un valor garantizado para uno o ambos, se pueden usar valores supuestos para $f_{0.2}$ y f_u como se indica a continuación:

- (1) valores iguales al 80% de los valores típicos dados por los fabricantes, o
- (2) los valores para el mismo material en la condición O

F.7.C.2 - ESFUERZO LIMITE PARA EL MATERIAL DE APORTE

F.7.C.2.1 - VALORES MEJORADOS DE p_w - Los valores para el esfuerzo límite p_w del metal de aporte dados en la tabla F.7.6.2 se basan en resultados de ensayos para especímenes soldados a tope. Con ciertas aleaciones permitidas como metal de aporte, se encuentran resistencias de soldadura mayores que las dadas en la tabla F.7.6.2. Para sacar provecho de esto en el diseño, se permite tomar p_w de la tabla F.7.C.1 en lugar de la tabla F.7.6.2.

Se enfatiza que estos valores más altos son únicamente válidos si se toman todas las precauciones para evitar el agrietamiento.

F.7.C.2.2 - DETERMINACION DE p_w PARA OTRO MATERIAL - Cuando las soldaduras sean hechas sobre aleaciones base no cubiertas por la tabla F.7.C.1, el esfuerzo límite p_w del metal de aporte debe obtenerse experimentalmente.

F.7.C.3 - ESFUERZO LIMITE PARA EL MATERIAL DE LA ZONA AFECTADA POR EL CALOR

F.7.C.3.1 - EXPRESIONES BASICAS - Los esfuerzos límite p_{az} y p_{vz} para el material de la zona afectada por el calor usados en el diseño de uniones soldadas, presentados en la tabla F.7.6.3, se basan en la expresión pertinente de las siguientes. Estas expresiones pueden usarse para materiales no cubiertos en esa tabla.

- (a) Material tratable en caliente:

$$p_{az} = k'_z p_a$$

$$p_{vz} = 0.6p_{az}$$

donde

p_a = esfuerzo límite del material base, dado en la tabla F 7 4 1 o en F.7.C.1

k'_z = coeficiente de ablandamiento modificado, encontrado en F 7.E 2

(b) Material no tratable en caliente

$$p_{az} = 1.2f_{0.2}$$

$$p_{vz} = 0.6p_{az}$$

donde

$f_{0.2}$ = esfuerzo de prueba del 0.2% mínimo garantizado para el material base considerado, si está en la condición recocida O. Cuando esté disponible solamente un valor típico de $f_{0.2}$, debe usarse una cifra igual al 80% de este valor en la expresión de p_{az}

F.7.C.3.2 - MATERIAL DE LA SERIE 7*** - Los valores alternos A y B para p_{az} y p_{vz} se obtienen usando el valor apropiado de k'_z en F 7.C.3.1 (a) El valor de k'_z es normalmente el dado en F 7.E.2. Cuando se esta encontrando el valor A, sin embargo, es algunas veces posible tomar un valor más favorable de k'_z . Esto se puede aplicar cuando cualquiera de lo siguiente ocurre.

(a) una soldadura de una pasada se coloca aislada, o

(b) se ejerce un control térmico más estricto que el normalmente exigido.

Véase F 7.E 2.3, casos 1 y 2

Tabla F.7.C-1
Esfuerzo límite p_u del metal de aporte

Metal de aporte		Metal base								
Tipo	Aleación	No tratable en caliente				Tratable en caliente				
		1200	3103 3105	5251	5454	5154A	5083	6063	6061 6082	7020
		kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²
1	1080A	5.5								
	1050A	5.5								
3	3103		8.0							
4	4043A	7.0	9.0					15.0	19.0	
	4047A	7.0						15.0	19.0	
5	5356			20.0	21.5	21.5	24.5	15.5	20.5	25.5
	5056A									
	5183			20.0	21.5	21.5	27.5	16.5	22.0	26.5
	5556A									
	5554 ¹⁾				19.0					
	5154A ¹⁾					21.0				

1) Se deben usar estas aleaciones cuando la corrosión sea un posible problema

NOTA. Cuando se usan metales base diferentes se debe dar el menor valor de los dos esfuerzos límite al metal de aporte

APENDICE F.7-D CALCULO DE MOMENTO ELASTO-PLASTICO

F.7.D.1 - GENERALIDADES

Este apéndice da un método alternativo, que puede ser usado en lugar de los numerales F.7.4.5.2 o F.7.5.4.1, para obtener la resistencia de diseño a momento M_{RS} de secciones de viga esbeltas y semi-compactas

El método elasto-plástico presentado es ventajoso en secciones en las que un elemento crítico para pandeo local, que tiene un valor de β aproximadamente en la región de β_0 (véase la tabla F.7.4.3), contiene material comprimido que se localiza más cerca del eje neutro que las fibras a tensión más extremas de la sección. Ejemplos típicos son secciones en las que:

- (a) El material en extrema compresión, incluyendo un elemento de aleta crítica, se localiza más cerca del eje neutro que el material en extrema tensión (véase la figura F.7.D.1 (a)), o
- (b) Un elemento crítico de alma termina a alguna distancia hacia adentro de la cara en extrema compresión, debido a la presencia de una platina de encaje (véase la figura F.7.D.1 (b))

El uso de este apéndice es desventajoso cuando se aplica a secciones en las que el elemento crítico es muy esbelto ($\beta \gg \beta_0$).

F.7.D.2 - PATRON DE ESFUERZO ELASTO-PLASTICO

F.7.D.2.1 - REGLAS PARA LA CONSTRUCCION DEL PATRON DE ESFUERZO - Un patrón de esfuerzo elasto-plástico idealizado se construye, basándose en un material supuesto con fluencia súbita en p_0 (en lugar de la curva real esfuerzo-deformación). En la figura F.7.D.1 se dan ejemplos típicos. Las reglas para construir tal patrón son las siguientes:

- (a) Los cálculos se hacen usando una sección neta efectiva en la que se toman espesores reducidos para tener en cuenta el ablandamiento de la zona afectada por el calor y también se hace reducción por agujeros pero no se hace reducción por pandeo local. La nota 5 del literal (c) del numeral F.7.4.5.2 debe ignorarse.
- (b) Los elementos se clasifican de acuerdo con el literal (c) del numeral F.7.4.3.3.
- (c) El esfuerzo límite de compresión, p_m , en un elemento esbelto, se encuentra mediante

$$p_m = k_L p_0$$

donde

p_0 = esfuerzo límite para el material (véanse las tablas F.7.4.1 y F.7.4.2)

k_L = coeficiente de pandeo local, encontrado en F.7.4.3.4 (literal (a))

Para un alma longitudinalmente rigidizada, generalmente se obtienen diferentes valores de p_m para los diferentes sub-paneles, basándose en sus diferentes valores de k_L .

Para aplicar las reglas (b) y (c) el valor ϵ debe siempre ser determinado usando la expresión de la nota 1 de la tabla F.7.4.3. El valor modificado de ϵ dado en F.7.4.3.3(d), o en la nota 3 de F.7.4.5.2(c) no es válido para ser usado con este apéndice.

- (d) El patrón de esfuerzo debe ser tal que la fuerza total de compresión balancee la de tensión.
- (e) En el lado a tensión, el esfuerzo en la fibra extrema no debe exceder p_o . Se permite que la plasticidad se extienda hacia adentro desde esta cara.
- (f) En el lado a compresión, el esfuerzo en cualquier elemento no debe exceder un valor límite p dado por:

1. Elemento totalmente compacto o semi-compacto

$$p = p_o$$

2. Elemento esbelto

$$p = p_m$$

(g) Se puede permitir que la plasticidad se extienda hacia adentro desde la cara a compresión de la sección únicamente si la aleta a compresión es totalmente compacta.

(h) Para una sección con una aleta a compresión totalmente compacta y con una platina de encaje adyacente al borde a compresión de un alma semi-compacta o esbelta (véase la figura F.7.D.1 (b)), la distancia que puede extenderse la plasticidad hacia adentro desde la cara de compresión está limitada como se indica a continuación:

- (1) alma semi-compacta: la plasticidad no debe extenderse más allá del extremo a compresión del alma.
- (2) alma esbelta: la regla (f) (2) debe ser satisfecha para el alma.

F.7.D.2.2 - SECCIONES HIBRIDAS - Para aplicar el numeral F.7.D.2.1 a una sección híbrida, fabricada con componentes de diferente resistencia, es útil recordar que la distribución de deformaciones será lineal en la dirección de la sección transversal. Esto tiene las siguientes implicaciones para el patrón de esfuerzos supuesto.

- (a) En la zona elástica, el esfuerzo varía linealmente a cada lado del eje neutro, sin escalones.
- (b) En cualquier zona plástica habrá cambios en escalón del esfuerzo entre materiales de diferente p_o .
- (c) En la unión entre las zonas elástica y plástica, también habrá un escalón si esta unión coincide con un cambio de material.

F.7.D.3 - CALCULO DE LA RESISTENCIA A MOMENTO

F.7.D.3.1 - GENERALIDADES - La resistencia a momento de diseño M_{RS} se encuentra usando la siguiente expresión:

$$M_{RS} = \phi M_u$$

donde

- M_u = momento último encontrado según F.7.D.3.2 o F.7.D.3.3
- ϕ = coeficiente de reducción de capacidad (véase la tabla F.7.3.1)

F.7.D.3.2 - SECCIONES ESBELTAS - M_u se toma como el momento correspondiente al patrón de esfuerzos adoptado (véase F.7.D.2).

F.7.D.3.3 - SECCIONES SEMI-COMPACTAS - M_u se encuentra por interpolación, como sigue: