

CAPÍTULO B

REQUISITOS DE DISEÑO

Los requisitos generales para el análisis y diseño de estructuras de acero, aplicables a todos los capítulos de esta especificación, se presentan en este capítulo.

El capítulo está organizado de la siguiente manera:

- B1. Disposiciones generales
- B2. Cargas y Combinaciones de Cargas
- B3. Bases de Diseño
- B4. Propiedades de secciones.
- B5. Fabricación, Montaje
- B6. Control de calidad y aseguramiento de calidad
- B7. Evaluación de Estructuras Existentes

B1. DISPOSICIONES GENERALES

El diseño de miembros y conexiones deberá ser consistente con el comportamiento que se espera que tenga el sistema estructural y las hipótesis hechas en el análisis. A menos que exista una restricción impuesta por la normativa de edificación que corresponda, puede dotarse de resistencia y estabilidad a la estructura mediante cualquier combinación de miembros y conexiones.

B2. CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS

Las cargas y combinaciones de cargas serán definidas por la normativa de edificación aplicable. En ausencia de una normativa de edificación las cargas y combinaciones de cargas, serán las estipuladas en el estándar SEI/ASCE 7. Para propósitos de diseño, las cargas nominales serán aquellas estipuladas en la normativa de edificación aplicable.

Nota. Cuando se use ASCE/SEI 7, para el diseño de acuerdo con la Sección B3.3 (LRFD), se aplica las combinaciones de SEI/ASCE 7 Sección 2.3. Para diseño de acuerdo con sección B3.4 (ASD), se aplica las combinaciones de ASCE/ SEI 7 Sección 2.4.

B3. BASE DE DISEÑO

El Diseño se realizará de acuerdo con las disposiciones del método *Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia* (LRFD) o a las disposiciones del método *Diseño en Base a Resistencias Admisibles* (ASD).

1. Resistencia Requerida

La resistencia requerida de los miembros estructurales y conexiones será determinada mediante análisis estructural para las combinaciones de carga que corresponda según se indica en la Sección B2

Se acepta realizar el diseño mediante análisis elástico, inelástico o plástico. Las disposiciones para el análisis inelástico o plástico se estipulan en el Anexo 1, Diseño mediante Análisis Inelástico.

2. Estados Límites

El diseño estará basado en el principio que cuando la estructura es sometida a las combinaciones de carga apropiadas, ningún estado límite aplicable, resistente o de servicio será excedido.

Los requerimientos de diseño en integridad estructural del código de construcción aplicable deberán estar basados en resistencias nominales, en lugar de resistencias de diseño (LRFD) o resistencias admisibles (ASD) a menos que sea señalado de otra forma en el código de construcción aplicable. Los estados límites para conexiones basados en deformaciones límites o fluencia de los componentes de la conexión no necesitan ser considerados para cumplir los requerimientos de integridad estructural.

Con el propósito de satisfacer las disposiciones de integridad estructural del código de construcción aplicable, los pernos tipo de aplastamiento con agujeros de ranura corta paralelos a la dirección de la carga de tracción son permitidos, y se debe suponer que se ubican al borde de la ranura.

3. Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD) satisface los requisitos de esta Especificación cuando la *resistencia de diseño* de cada componente estructural es mayor o igual a la *resistencia requerida* determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD. Se aplican todas las disposiciones de esta Especificación excepto las de la Sección B3.4.

El diseño se realizará de acuerdo con la ecuación B3-1:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad (\text{B3-1})$$

donde:

R_u = resistencia requerida (LRFD)

R_n = resistencia nominal, según se especifica en los Capítulos B a K

ϕ = factor de resistencia, según se especifica en los Capítulos B a K

ϕR_n = resistencia de diseño

4. Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles (ASD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño en Base a Resistencias Admisibles (ASD) satisface los requisitos de esta Especificación cuando la resistencia admisible de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga ASD. Se aplican todas las disposiciones de esta Especificación excepto las de la Sección B3.3.

El diseño se realizará de acuerdo con la ecuación B3-2:

$$R_a \leq R_n / \Omega \quad (\text{B3-2})$$

donde:

R_a = resistencia requerida (ASD)

R_n = resistencia nominal, según se especifica en los Capítulos B a K

Ω = factor de seguridad, según se especifica en los Capítulos B a K

R_n / Ω = resistencia admisible

5. Diseño por Estabilidad

La estabilidad de la estructura y sus miembros se determinará de acuerdo con el Capítulo C.

6. Diseño de Conexiones

Los miembros de conexión se diseñarán de acuerdo con las disposiciones de los Capítulos J y K. Las fuerzas y deformaciones de diseño deberán ser consistentes con el desempeño esperado de la unión y las hipótesis del análisis estructural. Se permite que las deformaciones inelásticas tengan límites autoimpuestos. Los puntos de apoyo en vigas, vigas fabricadas, y enrejados deben restringirse contra la rotación en torno a su eje longitudinal, a menos que se demuestre mediante análisis que dicha restricción no es requerida.

Nota. La Sección 3.1.2 del *Code of Standard Practice* aporta información necesaria en el diseño de conexiones.

6a. Conexiones Simples

Una conexión simple transmite momentos de magnitud despreciable. En el análisis de la estructura, se puede suponer que las conexiones simples permiten la rotación relativa de los miembros que conectan. La conexión simple tendrá una capacidad de rotación suficiente para acomodar las rotaciones determinadas por el análisis de la estructura.

6b. Conexiones de Momento

Se permite dos tipos de conexiones de momento, denominadas: completamente restringidas y parcialmente restringidas, tal como se explica a continuación.

(a) *Conexiones de Momento, Completamente Restringidas (FR)*

Una conexión de momento completamente restringida (FR) transmite momento con una rotación despreciable entre los miembros conectados. En el análisis de la estructura se puede suponer que la conexión no permite la rotación relativa. Una conexión FR, deberá tener suficiente resistencia y rigidez para mantener el ángulo entre los miembros conectados en los estados límites resistentes.

(b) *Conexiones de Momento, Parcialmente Restringidas (PR)*

Una conexión de momento parcialmente restringida (PR) transmite momento pero la rotación entre los miembros conectados no es despreciable. En el análisis de la estructura, la relación fuerza deformación de la conexión debe ser incluida. Las curvas características de las conexiones PR que se usen, deberán encontrarse documentadas en la literatura técnica o en su defecto ser determinadas mediante métodos analíticos o experimentales. Los miembros componentes de una conexión PR deberán tener suficiente resistencia rigidez y capacidad de deformación en los estados límites resistentes.

7. Redistribución de momento en vigas

La resistencia requerida a flexión en vigas elaboradas a partir de secciones compactas, tal como se define en B4.1 y que satisfacen las longitudes no arriostradas de la Sección F13.5, pueden ser tomadas como nueve decimos de los momentos negativos en los puntos de apoyo, producidos por la carga gravitacional, y determinados de acuerdo con un análisis elástico que satisfaga los requisitos del Capítulo C, cuidando de que el máximo momento positivo se incremente en un decimo del momento negativo promedio determinado por un análisis elástico. Esta reducción no es permitida para momentos en secciones en las cuales F_y excede 4570 kgf/cm^2 (450 MPa), para momentos producidos por cargas en voladizo, o en el diseño de conexiones de momento parcialmente restringidas (PR), ni para el diseño mediante análisis inelástico según las disposiciones del Apéndice 1. Esta reducción es permitida para el diseño de acuerdo con las Secciones B3.3 (LRFD) y B3.4 (ASD). La resistencia axial requerida no puede exceder $0,15\phi_c F_y A_g$ para LRFD o $0,15F_y A_g / \Omega_c$ para ASD, donde ϕ_c y Ω_c son determinados de acuerdo con la Sección E1, A_g = área bruta de la sección, cm^2 (mm^2) y F_y = tensión de tracción mínima especificada, kgf/cm^2 (MPa).

8. Diafragmas y colectores

Los diafragmas y colectores deben de ser diseñados para las fuerzas que resulten de las cargas estipuladas en Sección B2. Ellos deben ser diseñados en conformidad con las disposiciones de los Capítulos C al Capítulo K, según sean aplicables.

9. Diseño para Condiciones de Servicio

La estructura, sus miembros individuales y sus conexiones deberán ser verificados para las condiciones de servicio. Los requisitos para el diseño en condiciones de servicio se presentan en el Capítulo L.

10. Diseño para Empozamiento

El sistema de techo será revisado durante el proceso de análisis estructural para garantizar una resistencia y estabilidad adecuada bajo condiciones de acumulación de agua, a menos que se disponga una pendiente del techo de al menos un 2% (20 mm por metro) en la dirección de los puntos de drenaje o se disponga de un adecuado sistema de drenaje para prevenir la acumulación de agua.

Ver Anexo 2: Diseño para Empozamiento, por métodos de evitar la acumulación de agua.

11. Diseño a Fatiga

En los miembros y sus conexiones sometidos a cargas repetidas deberá verificarse el diseño a fatiga, de acuerdo con el Anexo 3, Diseño para Fatiga. No es necesario verificar el diseño a fatiga en el caso de sismo o viento en edificaciones diseñadas adecuadamente para resistir cargas laterales ni en las componentes de los miembros de cierre de estas edificaciones.

12. Diseño para Condiciones de Incendio

El Anexo 4, Diseño Estructural para Condiciones de Incendio, presenta dos métodos de diseño: Análisis y Ensayos de Calificación. La compatibilidad con los requisitos para protección contra incendios de las normativas de edificación aplicable deberá ser analizada juiciosamente respecto de los requisitos de esta sección y del Anexo 4.

Lo señalado en esta sección no pretende crear o producir requisitos contractuales en los registros de ingeniería del responsable del diseño estructural o cualquier otro miembro del equipo de diseño.

Nota. La calificación del diseño mediante ensayos es el método especificado en la mayoría de las normativas de edificación. Tradicionalmente, en la mayoría de los proyectos en los cuales el arquitecto es el profesional encargado, el ha sido el responsable de especificar y coordinar los requisitos de protección contra el fuego. El Diseño mediante Análisis de Ingeniería es un nuevo enfoque para dar protección contra el fuego. La designación de la(s) persona(s) responsable(s) para el diseño contra incendio es una materia de tipo contractual que debe ser resuelta en cada proyecto.

13. Diseño para Efectos de la Corrosión

Cuando la corrosión puede afectar la resistencia o la condición de servicio de una estructura, las componentes estructurales serán diseñadas para tolerar la corrosión o en su defecto deberán ser protegidas contra ella.

14. Anclaje al hormigón

El anclaje entre el acero y el hormigón actuando conjuntamente debe ser diseñado de acuerdo con el Capítulo I. El diseño de bases de columnas y de pernos de anclaje debe ser de acuerdo con el Capítulo J.

B4. PROPIEDADES DE LOS MIEMBROS

1. Clasificación de las secciones según pandeo local.

Para compresión, las secciones se clasifican como no esbeltas o *esbeltas*. Para elementos con una sección no esbelta, la razón ancho-espesor de sus elementos comprimidos no debe de exceder los valores λ_r , de la tabla B4.1a. Si la razón ancho espesor de cualquier elemento en compresión excede el valor λ_r , la sección se considera esbelta.

Para flexión, las secciones se clasifican como compactas, no compactas y esbeltas. Para que una sección califique como compacta, sus alas deben de estar continuamente conectadas al alma (o las almas) y la razón ancho-espesor de sus elementos comprimidos no debe de exceder la razón ancho-espesor λ_p de la tabla B4.1b. Si la razón ancho espesor de uno o más de uno de los elementos comprimidos excede λ_p , pero no supera λ_r de la tabla B4.1b, la sección se denomina no compacta. Si la razón ancho-espesor de cualquier elemento comprimido excede λ_r , la sección califica como esbelta.

1a. Elementos No Atiesados

Para elementos *no atiesados*, apoyados en un lado paralelo a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho se define como se indica a continuación:

- (a) En alas de secciones I y T, el ancho es la mitad del ancho total del ala, bf.
- (b) Para alas de ángulos, canales y secciones zeta, el ancho es el ancho nominal completo.
- (c) Para planchas, el ancho es la distancia desde el borde libre hasta la primera línea de conectores o soldadura.
- (d) Para almas de secciones T, d es la profundidad nominal total de la sección

Nota. En la Tabla B4.1 se representa gráficamente las dimensiones de los miembros no atiesados.

1b. Elementos Atiesados

Para elementos atiesados, apoyados en dos lados paralelos a la dirección de de la fuerza de compresión, el ancho se define como se indica a continuación:

- (a) Para almas de secciones laminadas o plegadas, h es la distancia libre entre alas menos el filete o esquina redondeada que se produce en el encuentro ala-alma.; h_c es dos veces la distancia desde el centroide a la cara interna del ala comprimida menos el filete o esquina redondeada.
- (b) Para almas de secciones armadas, h es la distancia entre líneas adyacentes de conectores o la distancia libre entre alas soldadas, y h_c es dos veces la distancia desde el centroide a la línea mas cercana de conectores del ala comprimida o a la cara interior del ala comprimida en secciones de alas soldadas; h_p es dos veces la distancia desde el eje neutro plástico a la línea mas cercana de conectores del ala comprimida o a la cara interior del ala comprimida en secciones de alas soldadas.

- (c) Para alas o planchas que actúan como diafragmas en secciones armadas, el ancho b es la distancia entre líneas adyacentes de conectores o líneas de soldadura.
- (d) Para alas de secciones tubulares rectangulares (HSS), el ancho b es la distancia libre entre almas menos las esquinas redondeadas de cada lado. Para almas de secciones HSS rectangulares, h es la luz libre entre las alas las esquinas redondeadas a cada lado. Cuando la esquina redondeada no se conoce, b y h se tomarán como la dimensión exterior correspondiente menos tres veces el espesor. El espesor, t , será el espesor de diseño, de acuerdo con la Sección B3.12.
- (e) Para planchas de cubierta perforadas, b es la distancia transversal entre las líneas más cercanas de conectores, y el área neta de la plancha es considerada con el agujero más ancho.

Nota. En la Tabla B4.1 se representa gráficamente las dimensiones de los miembros atiesados.

Para alas de espesor variable en secciones laminadas, el espesor será el valor nominal evaluado como el promedio entre el espesor medido en el lado libre y el espesor correspondiente medido en la cara del alma.

2. Espesor de Diseño para Secciones HSS.

El espesor de diseño t , en los cálculos que involucran el espesor de secciones tubulares (HSS), será igual a 0,93 veces el espesor nominal en secciones HSS soldadas mediante resistencia eléctrica (ERW) e igual al espesor nominal para secciones HSS soldadas mediante arco sumergido (SAW).

Nota. Una tubería puede ser diseñada usando las disposiciones de la especificación para secciones HSS redondas mientras satisfaga ASTM A53 Clase B y las limitaciones de la especificación que correspondan.

Tuberías ASTM A500 HSS y ASTM A53 Grado B son producidas mediante un proceso ERW. El proceso SAW es usado en secciones transversales de dimensiones mayores a las permitidas por ASTM A500.

3. Determinación del Área bruta y Área Neta

3a. Área Bruta

El área bruta de un miembro, A_g , es el área total de la sección transversal.

3b. Área Neta

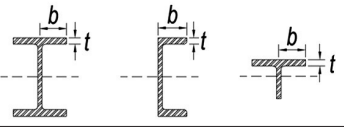
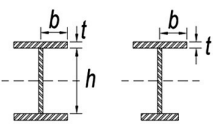
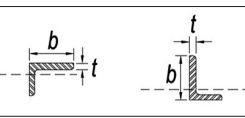
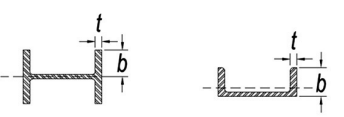
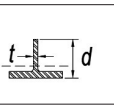
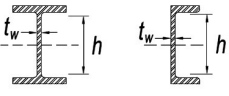
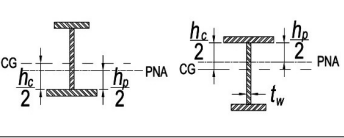
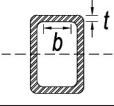
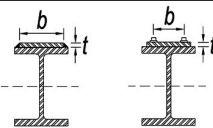
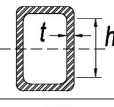
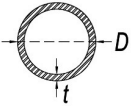
El área neta, A_n , de un miembro es la suma de los productos de los espesores por sus respectivos anchos netos, calculados como se indica a continuación:

Para calcular el área neta para tensión y corte, la perforación para alojar un conector deberá aumentarse 0,2 cm (2mm) respecto de la dimensión nominal de la perforación.

Para una cadena de perforaciones en cualquier línea diagonal o zigzag, el ancho neto se obtendrá deduciendo del ancho bruto la suma de las dimensiones de los diámetros de

<p align="center">TABLA B4.1a Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión. Miembros Sujetos a Compresión Axial</p>						
Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razón Límite Ancho-Espesor λ_r (Esbelto-No Esbelto)	Ejemplos		
Elementos No-Atiesados	1	Alas de perfiles laminados, planchas conectadas a perfiles laminados, alas de pares de ángulos conectados continuamente, alas de canales y alas de secciones T	b/t	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	2	Alas de perfiles I soldados y planchas o ángulos conectados a secciones soldadas.	b/t	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$	<p align="center">[a]</p>	
	3	Alas de perfiles ángulo laminados; alas de pares de ángulos con separadores y todo tipo de elementos no atiesados	b/t	$0.45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	4	Almas de secciones T	d/t	$0.75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
Elementos Atiesados	5	Almas de secciones I con doble simetría y secciones canal.	h/t_w	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	6	Paredes de secciones HSS rectangulares y cajones de espesor uniforme	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	7	Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores o soldadura	b/t	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	8	Todo elemento atiesador	b/t	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	9	Tubos circulares.	D/t	$0.11 \frac{E}{F_y}$		

TABLA B4.1b
Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión de miembros en flexión

Caso	Descripción del elemento	Razón Ancho-Espesor	Razones Ancho-Espesor Límite		Ejemplos	
			λ_p (compacta-no compacta)	λ_r (esbelto-no esbelto)		
Elementos No-Atiesados	10	Flexión en alas de perfiles I laminados, canales y tes.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Alas de secciones I soldadas con doble y simple simetría.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$ [a] [b]	
	12	Alas de ángulos simples	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Alas de toda doble t y canal en torno a su eje más débil.	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Almas de tes	d/t	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elementos Atiesados	15	Almas de doble T simétricas y canales.	h/t_w	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16	Almas de secciones doble T con un solo eje de simetría.	h_c/t_w	$\frac{h_c \sqrt{E}}{h_w \sqrt{F_y}} \leq \lambda_r$ [c]	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17	Alas de secciones tubulares y secciones cajón de espesor uniforme.	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Alas de sobre planchas y planchas diafragma entre líneas de conectores y soldadura.	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Almas de tubos rectangulares y secciones cajón.	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	Tubos redondos.	D/t	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$	

las perforaciones o ranuras según se indica en esta sección, de todas las perforaciones en una cadena, y agregando para cada cambio en zigzag en la cadena la cantidad $s^2/4g$,

donde:

s = distancia longitudinal centro a centro de dos perforaciones consecutivas (paso), cm. (mm)

g = distancia transversal centro a centro (gramil) entre líneas de conectores, cm. (mm)

Para ángulos, la separación de las perforaciones en alas opuestas adyacentes, será las sumas de las distancias medidas desde el respaldo del ángulo menos el espesor.

Para secciones tubulares ranuradas soldadas a una plancha gusset, el área neta, A_n , es el área de la sección transversal menos el producto del espesor y el ancho total del material que es removido para hacer la ranura.

No se considerará el metal de la soldadura en la determinación del área neta a través de soldaduras de tapón o ranura.

Para secciones sin perforaciones el área neta, A_n , es igual al área bruta, A_g .

Nota. La Sección J4.1 (b) limita A_n a un máximo de $0,85 A_g$ para planchas traslapadas con perforaciones.

B5. FABRICACIÓN Y MONTAJE

Los planos de taller, fabricación, la pintura de taller y montaje deberán satisfacer los requisitos estipulados en el Capítulo M, Fabricación y Montaje.

B6. CONTROL DE CALIDAD Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Los métodos para el control de calidad y el aseguramiento de la calidad deben satisfacer los requisitos estipulados en el Capítulo N, Control de calidad y Aseguramiento de la Calidad.

B7. EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

Las disposiciones para la evaluación de estructuras existentes se presentan en el Apéndice 5, Evaluación de Estructuras Existentes.