

Diseño de Dispositivos de Izaje debajo del Gancho

UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE



Diseño de Dispositivos de Izaje debajo del Gancho

UNA NORMA NACIONAL ESTADOUNIDENSE



**The American Society of
Mechanical Engineers**

Two Park Avenue • New York, NY • 10016 USA

Fecha de emisión: 11 de junio de 2021

La próxima edición de este Estándar está programada para publicarse en 2023. Este Estándar entrará en vigencia 1 año después de la Fecha de emisión.

ASME emite respuestas por escrito a las consultas relacionadas con la interpretación de los aspectos técnicos de esta Norma. Las interpretaciones se publican en el sitio web de ASME en las páginas del comité en <http://cstools.asme.org/> a medida que se emiten.

Las erratas de los códigos y estándares se pueden publicar en el sitio web de ASME en las páginas del comité para proporcionar correcciones a los elementos publicados incorrectamente o para corregir errores tipográficos o gramaticales en códigos y estándares. Dicha fe de erratas se utilizará en la fecha publicada.

Las páginas de los comités se pueden encontrar en <http://cstools.asme.org/>. Hay una opción disponible para recibir automáticamente una notificación por correo electrónico cuando se publican erratas para un código o estándar en particular. Esta opción se puede encontrar en la página del comité correspondiente después de seleccionar "Errata" en la sección "Información de publicación".

ASME es la marca registrada de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Este código o estándar fue desarrollado bajo procedimientos acreditados para cumplir con los criterios de los Estándares Nacionales Estadounidenses. El Comité de Normas que aprobó el código o norma fue equilibrado para asegurar que las personas de intereses competentes y preocupados hayan tenido la oportunidad de participar. El código o estándar propuesto se puso a disposición del público para su revisión y comentarios, lo que brinda la oportunidad de obtener aportes públicos adicionales de la industria, la academia, las agencias reguladoras y el público en general.

ASME no "aprueba", "califica" ni "respalda" ningún artículo, construcción, dispositivo patentado o actividad.

ASME no toma ninguna posición con respecto a la validez de los derechos de patente afirmados en relación con los elementos mencionados en este documento, y no se compromete a asegurar a nadie que utilice un estándar contra la responsabilidad por la infracción de cualquier patente de letras aplicable, ni asume tal responsabilidad. Se advierte expresamente a los usuarios de un código o estándar que la determinación de la validez de dichos derechos de patente y el riesgo de infracción de dichos derechos es de su exclusiva responsabilidad.

La participación de representantes de agencias federales o personas afiliadas a la industria no debe interpretarse como un respaldo del gobierno o de la industria a este código o estándar.

ASME acepta la responsabilidad solo por aquellas interpretaciones de este documento emitidas de acuerdo con los procedimientos y políticas establecidos por ASME, lo que excluye la emisión de interpretaciones por parte de individuos.

Traducción al español solo para fines didácticos. Esta traducción debe leerse junto con la norma original en inglés, propiedad de ASME.

The American Society of Mechanical Engineers
Two Park Avenue, New York, NY 10016-5990

Copyright © 2021 by
THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
Todos los derechos reservados
Impreso en EE. UU.

CONTENIDO

Prólogo	v
Listado del comité	vi
Correspondencia con el Comité BTH	vii
Resumen de Cambios	ix
Capítulo 1 Alcance, definiciones y referencias	1
1-1 Propósito	1
1-2 Alcance	1
1-3 Dispositivos nuevos y existentes	1
1-4 Requisitos Generales	1
1-5 Definiciones	2
1-6 Símbolos	5
1-7 Referencias	8
Capítulo 2 Clasificaciones de levantadores.	10
2-1 Generalidades.	10
2-2 Categoría de diseño	10
2-3 Clase de servicio	10
Capítulo 3 Diseño estructural	11
3-1 General	11
3-2 Diseño de miembros	12
3-3 Diseño de conexión	16
3-4 Diseño de fatiga	20
3-5 Otras consideraciones de diseño.	21
Capítulo 4 Diseño mecánico	37
4-1 General	37
4-2 Poleas	37
4-3 Cable	37
4-4 Sistemas de accionamiento..	38
4-5 Engranaje	38
4-6 Cojinetes	39
4-7 Transmisión.	40
4-8 Sujetadores	42
4-9 Fuerza de soporte de agarre	42
4-10 Diseño de dispositivo de elevación por vacío.	42
4-11 Sistemas de potencia de fluidos.	43
Capítulo 5 Diseño eléctrico	45
5-1 General	45
5-2 Motores y Frenos Eléctricos	45
5-3 Interfaz del operador	45

5-4	Controladores y Equipos Auxiliares	46
5-5	Puesta a tierra	47
5-6	Desconexiones de energía.	47
5-7	Baterías	47
Capítulo 6	Diseño de imán de izaje	48
6-1	Propósito.	48
6-2	Requerimientos de diseño	48
6-3	Selección y Diseño	48

Apéndices no obligatorios

A	Comentario para el Capítulo 1: Alcance, definiciones y referencias	52
B	Comentario para el Capítulo 2: Clasificaciones de levantadores	56
C	Comentario para el Capítulo 3: Diseño estructural	58
D	Comentario para el Capítulo 4: Diseño mecánico	67
E	Comentario para el Capítulo 5: Diseño eléctrico	70
F	Comentario para el Capítulo 6: Diseño de imán de izaje	72

Figuras

1-5.5-1	Elevadores magnéticos.	5
4-2.6-1	Dimensiones de la polea	37
4-2.7-1	Espacio entre poleas	38
4-9.2-1	Ilustración de las fuerzas de sujeción y apoyo	43
C-2.6-1	Ejemplos seleccionados de requisitos de la Tabla 3-2.2-1	62
C-3.2-1	Corte de bloque	63
C-3.3.1-1	Notación de placa conectada por pasador.	64
C-3.3.2-1	Viga de elevación de placa rígida	64

Tablas

2-3-1	Clase de servicio	10
3-2.2-1	Limitación de las relaciones ancho-espesor para elementos de compresión	13
3-3.4.2-1	Limitación de las relaciones ancho-espesor para elementos de compresión.	19
3-3.4.3-1	Tamaños mínimos de soldaduras de filete.	20
3-4.3-1	Rangos de tensión admisibles, ksi (MPa)	21
3-4.4-1	Parámetros de diseño de fatiga	23
4-5.3-1	Factores de resistencia para calcular la capacidad de carga (formas de dientes estándar estadounidense)	39
4-6.2-1	L_{10} Vida útil de cojinete	40
4-7.5-1	Tamaño de la llave vs. al diámetro del eje (ASME B17.1).	41
4-7.5-2	Tamaño de la llave vs. al diámetro del eje (DIN 6885-1).	41
4-7.6.1-1	Fatigue Stress Amplification Factors	41
B-3-1	Vida útil de la clase de servicio	57
C-1.3-1	Categoría de diseño A Espectro de carga estática.	59
C-1.3-2	Categoría de diseño A Espectro de carga dinámica	59
C-1.3-3	Categoría de diseño B Espectro de carga estática	59
C-1.3-4	Categoría de diseño B Espectro de carga dinámica.	60

PRÓLOGO

Ha habido muchas solicitudes formales para la interpretación de los criterios de diseño estructural limitados establecidos en ASME B30.20, Dispositivos de elevación debajo del gancho, un estándar de seguridad. Como consecuencia, la industria ha expresado durante bastante tiempo la necesidad de un estándar de diseño integral para los dispositivos de elevación debajo del gancho que complementaría los requisitos de seguridad de ASME B30.20. Todas las ediciones de ASME B30.20 han incluido criterios de diseño estructural orientados a la comunidad de fabricación industrial que requieren un factor de diseño mínimo de 3, basado en el límite elástico del material; las ediciones recientes también han incluido criterios de diseño para el modo de falla por fatiga. Sin embargo, los miembros de la comunidad de la construcción expresaron la necesidad de criterios de diseño más adecuados a sus condiciones de operación, incluido un factor de diseño más bajo, y la necesidad de abordar otros modos de falla, como fractura, corte y pandeo, y temas de diseño como impacto y sujetadores.

En 1997 se creó un grupo de trabajo de diseño para comenzar a trabajar en un estándar de diseño como documento complementario de ASME B30.20. El Comité de Normas de ASME BTH sobre el Diseño de Dispositivos de Elevación por Debajo del Gancho se formó a partir del Grupo de Trabajo de Diseño y celebró su reunión organizativa el 5 de diciembre de 1999.

ASME BTH-1-2005, Diseño de dispositivos de elevación debajo del gancho, contenía cinco capítulos: alcance y definiciones, clasificaciones de elevadores, diseño estructural, diseño mecánico y componentes eléctricos. Esta norma, destinada a la industria en general y la construcción, establece dos categorías de diseño para elevadores en función de la magnitud y variación de la carga y las condiciones ambientales y de operación. Las dos categorías de diseño proporcionaron diferentes factores de diseño para determinar los límites de tensión estática permisibles. Se proporcionaron cinco Clases de servicio basadas en ciclos de carga. La Clase de servicio establece valores de rango de esfuerzos permisibles para miembros estructurales de elevadores y parámetros de diseño para componentes mecánicos. ASME BTH-1-2005 fue aprobado por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) el 18 de octubre de 2005.

ASME BTH-1-2008 incorporó revisiones editoriales y dos nuevas secciones de diseño mecánico para la relación de agarre y el diseño de dispositivos de elevación por vacío. ASME BTH-1-2008 fue aprobado por ANSI el 17 de septiembre de 2008.

ASME BTH-1-2011 incorporó revisiones en toda la Norma y la adición de una nueva sección de diseño mecánico para sistemas de potencia de fluidos. ASME BTH-1-2011 fue aprobado por ANSI el 23 de septiembre de 2011.

ASME BTH-1-2014 incorporó en el Capítulo 4 una sección sobre imanes de elevación. Otras revisiones técnicas incluyeron nuevos requisitos para el control de presión de fluidos y la protección del sistema eléctrico. Junto con estos cambios técnicos, el Comentario no obligatorio de cada capítulo se trasladó a su propio Apéndice No obligatorio respectivo. ASME BTH-1-2014 fue aprobado por ANSI el 24 de junio de 2014.

ASME BTH-1-2017 incluyó la adición del Capítulo 6: Diseño de imanes de elevación, un Apéndice no obligatorio adjunto con comentarios para el nuevo capítulo y otras revisiones. Luego de la aprobación por parte del Comité de Normas ASME BTH, ANSI aprobó ASME BTH-1-2017 el 6 de enero de 2017.

Esta revisión de ASME BTH-1 incluye la aclaración del requisito de establecer la carga nominal de un dispositivo de elevación por cálculo, la incorporación de ASME B30.30-2019 en los requisitos de cuerda en el Capítulo 4, mejoras basadas en la entrada del usuario, revisión del Capítulo 5 título de diseño eléctrico y contraprestación para bloques de carga y accesorios de elevación. Tras la aprobación por parte del Comité de Normas ASME BTH, ANSI aprobó esta edición como Norma Nacional Estadounidense, con la nueva designación ASME BTH-1-2020, el 9 de diciembre de 2020.

COMITÉ DE NORMAS ASME BTH

Diseño de Dispositivos de Izaje Debajo del Gancho

(La siguiente es la lista del Comité al momento de la aprobación de esta Norma.)

FUNCIONARIOS DEL COMITÉ DE NORMAS

J. D. Edmundson, *Presidente*
D. Verenski, *Vice Presidente*
E. Dominguez, *Secretario*

PERSONAL DEL COMITÉ DE NORMAS

B. B. Bacon, Tennessee Valley Authority
G. A. Bond, Wood's Powr-Grip Co., Inc.
P. W. Boyd, The Boeing Co.
P. B. Debuigne, AECOM
E. Dominguez, The American Society of Mechanical Engineers
D. Duerr, 2DM Associates, Inc.
J. D. Edmundson, Konecranes Nuclear
C. Fox, Ruby and Associates
M. T. Gaunce, SCHUNK
T. C. Mackey, Washington River Protection Solutions
M. P. McShane, Washington River Protection Solutions
B. A. Pickett, Systems Engineering and Forensic Services
D. T. Rebbin, Bradley Lifting Corp.

J. W. Rowland III, Consultor
R. S. Stemp, Lampson International, LLC
P. D. Sweeney, Riverside Engineering, LLC
D. R. Verenski, Hunter Lift Ltd.
J. Warburton, Halliburton
T. J. Brookbank, *Suplente*, Hunter Lift Ltd.
J. Rea, *Suplente*, Bradley Lifting Corp.
M. P. Zerba, *Suplente*, Lampson International, LLC
S. Barton, *Miembro contribuyente*, Consultor
A. Faris, *Miembro contribuyente*, Rice Engineering
M. Hughes, *Miembro contribuyente*, Simpson Gumpertz and Heger
R. A. Dahlin, *Miembro honorario*, Walker Magnetics
J. W. Downs, Jr., *Miembro honorario*, Downs Crane and Hoist Co.

CORRESPONDENCIA CON EL COMITÉ BTH

General. Los estándares ASME se desarrollan y mantienen con la intención de representar el consenso de los intereses interesados. Como tal, los usuarios de esta Norma pueden interactuar con el Comité solicitando interpretaciones, proponiendo revisiones o un caso y asistiendo a las reuniones del Comité. La correspondencia debe dirigirse a:

Secretary, BTH Standards Committee
The American Society of Mechanical Engineers
Two Park Avenue
New York, NY 10016-5990
<http://go.asme.org/Inquiry>

Propuesta de revisiones. Se realizan revisiones periódicas a la Norma para incorporar los cambios que parecen necesarios o deseables, como lo demuestra la experiencia adquirida con la aplicación de la Norma. Las revisiones aprobadas se publicarán periódicamente.

El Comité agradece las propuestas de revisión de esta Norma. Dichas propuestas deben ser lo más específicas posible, citando el(los) número(s) de párrafo, la redacción propuesta y una descripción detallada de los motivos de la propuesta, incluida cualquier documentación pertinente.

Interpretaciones. Previa solicitud, el Comité de Normas de BTH dará una interpretación de cualquier requisito de la Norma. Las interpretaciones solo pueden realizarse en respuesta a una solicitud por escrito enviada al Secretario del Comité de Normas de BTH.

Las solicitudes de interpretación deben enviarse preferiblemente a través del Formulario de envío de interpretación en línea. Se puede acceder al formulario en <http://go.asme.org/InterpretationRequest>. Al enviar el formulario, el Solicitante recibirá un correo electrónico automático de confirmación de recepción.

Si el Solicitante no puede utilizar el formulario en línea, puede enviar la solicitud por correo al Secretario del Comité de Normas de BTH a la dirección anterior. La solicitud de interpretación debe ser clara e inequívoca. Se recomienda además que el Solicitante presente su solicitud en el siguiente formato:

Asunto:	Citar los números de párrafo correspondientes y el tema de la consulta en una o dos palabras.
Edición:	Citar la edición aplicable de la Norma para la cual se solicita la interpretación.
Pregunta:	Formular la pregunta como una solicitud de interpretación de un requisito específico adecuado para la comprensión y el uso generales, no como una solicitud de aprobación de un diseño o situación patentada. Proporcionar una pregunta condensada y precisa, redactada de tal manera que sea aceptable una respuesta de "sí" o "no".
Respuesta(s) propuesta(s):	Proporcionar una(s) respuesta(s) propuesta(s) en forma de "Sí" o "No", con una explicación según sea necesario. Si ingresa respuestas a más de una pregunta, numere las preguntas y las respuestas.
Información de antecedentes:	Proporcionar al Comité cualquier información de antecedentes que ayude al Comité a comprender la investigación. El Solicitante también puede incluir cualquier plano o dibujo que sea necesario para explicar la pregunta; sin embargo, no deben contener nombres de propiedad o información.

Las solicitudes que no estén en el formato descrito anteriormente pueden ser reescritas en el formato apropiado por el Comité antes de ser respondidas, lo que puede cambiar inadvertidamente la intención de la solicitud original.

Además, ASME no actúa como consultor para problemas de ingeniería específicos o para la aplicación o comprensión general de los requisitos de la Norma. Si, con base en la información de la consulta presentada, es la opinión del Comité que el Investigador debe buscar asistencia, la consulta será devuelta con la recomendación de que se obtenga dicha asistencia.

Los procedimientos de ASME prevén la reconsideración de cualquier interpretación cuando o si hay disponible información adicional que podría afectar una interpretación. Además, las personas perjudicadas por una interpretación pueden apelar al Comité o Subcomité ASME competente. ASME no "aprueba", "certifica", "califica" ni "respalda" ningún artículo, construcción, dispositivo patentado o actividad.

Asistencia a las reuniones del comité. El Comité de Normas de BTH realiza regularmente reuniones y/o conferencias telefónicas que están abiertas al público. Las personas que deseen asistir a cualquier reunión y/o conferencia telefónica deben comunicarse con el Secretario del Comité de Normas de BTH.

ASME BTH-1-2020

RESUMEN DE CAMBIOS

Tras la aprobación del Comité BTH de ASME y ASME, y después de la revisión pública, el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares aprobó ASME BTH-1-2020 el 9 de diciembre de 2020.

ASME BTH-1-2020 incluye los siguientes cambios identificados por una nota al margen, **(20)**.

<i>Página</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Cambio</i>
1	1-2	Primer párrafo revisado
1	1-4.3	Revisado
1	1-4.5	Revisado
2	1-5	(1) Referencias de párrafo de cada definición eliminadas (2) Definición de <i>bloque de carga</i> añadida
5	1-6	Referencias de párrafo eliminadas; f_{cr} revisado
8	1-7	Actualizado
13	Tabla 3-2.2-1	Cuarta columna, undécima entrada y quinta columna, sexta entrada revisada
15	3-2.4	Revisado
17	3-3.2	Penúltimo párrafo revisado
21	Tabla 3-4.3-1	Revisado
23	Tabla 3-4.4-1	(1) Ilustraciones en 3.2, 5.3, 6.3 revisadas (2) Texto en 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.2, 6.3, 7.1 y 8.2 revisado
37	4-2.2	Revisado
37	4-2.3	Revisado
37	4-2.6	Revisado
37	4-2.7	Revisado
37	4-3	Revisado en su totalidad
38	4-4.5	Primer párrafo revisado
39	4-5.4	Revisado
42	4-8.2	Revisado
42	4-10.1	Subpárrafo (a) revisado
45	Capítulo 5	Título revisado
45	5-1.1	Revisado
52	A-1	Revisado
52	A-4.2	Revisado
52	A-4.3	Segundo párrafo agregado
53	A-5.1	Agregado
54	A-6	Revisado
54	A-7	Actualizado
58	C-1.3	Último párrafo agregado
60	C-2.2	Revisado
61	C-2.3.3	Revisado

<i>Página</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Cambio</i>
62	C-2.6	Revisado
62	C-3.1	Revisado
63	C-3.2	Último párrafo revisado
65	C-4.1	Revisado
65	C-4.2	Último párrafo revisado
67	D-1.1	Revisado
67	D-2.2	Revisado
67	D-2.6	Revisado
68	D-2.7	Revisado
68	D-3	(1) Título revisado (2) D-3.1 y D-3.2 revisado (3) D-3.3 eliminado
68	D-4.5	Primer párrafo revisado
68	D-5.4	Revisado
70	Apéndice no obligatorio E	Título revisado
70	E-2.5	Revisado

Capítulo 1

Alcance, definiciones y referencias

1-1 PROPÓSITO

Esta norma establece los criterios de diseño para ASME B30.20, Dispositivos de elevación debajo del gancho. Esta norma sirve como guía para diseñadores, fabricantes, compradores y usuarios de dispositivos de izaje debajo del gancho.

(20)

1-2 ALCANCE

Esta norma proporciona criterios mínimos de diseño estructural, mecánico y eléctrico para ASME B30.20, Dispositivos de elevación debajo del gancho.

Las disposiciones de esta norma se aplican al diseño o modificación de dispositivos de izaje debajo del gancho. El cumplimiento de requisitos y criterios que pueden ser exclusivos de industrias y entornos especializados está fuera del alcance de esta Norma.

Los dispositivos de izaje diseñados según esta norma deben cumplir con ASME B30.20, Dispositivos de izaje debajo del gancho. ASME B30.20 incluye disposiciones que se aplican al marcado, construcción, instalación, inspección, prueba, mantenimiento y operación de dispositivos de izaje debajo del gancho.

Las disposiciones definidas en esta Norma abordan los aspectos más comunes y ampliamente aplicables del diseño de dispositivos de izaje debajo del gancho. Una persona calificada deberá determinar los métodos apropiados que se utilizarán para abordar los problemas de diseño que no están cubiertos explícitamente en la Norma para proporcionar factores de diseño y/o desempeño consistentes con la intención de esta Norma.

1-3 DISPOSITIVOS NUEVOS Y EXISTENTES

La fecha de vigencia de esta Norma será un año después de su fecha de emisión. Los dispositivos de izaje fabricados después de la fecha de vigencia deben cumplir con los requisitos de esta norma.

Cuando se modifica un elevador, su diseño debe revisarse en relación con esta Norma y la necesidad de cumplir con esta Norma debe ser evaluada por el fabricante o una persona calificada.

1-4 REQUISITOS GENERALES

1-4.1 Responsabilidad de diseño

Los dispositivos de izaje deben ser diseñados por, o bajo la supervisión directa de, una persona calificada.

1-4.2 Unidades de medida

Se utiliza un formato de unidad dual. Los valores se dan en las unidades habituales de EE. UU. como unidades primarias, seguidas del Sistema Internacional de Unidades (SI) entre paréntesis como unidades secundarias. Los valores establecidos en las unidades habituales de EE. UU. deben considerarse como el estándar. Las unidades SI en el texto se han convertido directamente (suavemente) de las unidades habituales de EE. UU.

(20)

1-4.3 Criterio de diseño

Todos los dispositivos de izaje debajo del gancho deben diseñarse para cargas nominales, geometría de carga, categoría de diseño (consulte la sección 2-2) y clase de servicio (consulte la sección 2-3) especificadas. La resolución de cargas en fuerzas y valores de tensión que afectan a miembros estructurales, componentes mecánicos y conexiones se realizará mediante un método de análisis aceptado. La carga nominal no se determinará únicamente mediante una prueba de carga.

1-4.4 Métodos de análisis

Las tensiones admisibles y los rangos de tensión definidos en esta Norma se basan en el supuesto de análisis por métodos clásicos de resistencia de materiales (modelos), aunque se pueden utilizar otros métodos de análisis. Las técnicas de análisis y los modelos utilizados por la persona calificada deberán representar con precisión las cargas, las propiedades del material y la geometría del dispositivo; Los valores de tensión resultantes del análisis deben tener la forma adecuada para permitir la correlación con las tensiones admisibles definidas en esta norma.

1-4.5 Material

(20)

Las disposiciones de diseño de esta norma se basan en el uso de acero al carbono, acero aleado de alta resistencia y baja aleación o tratado térmicamente para elementos estructurales y muchos componentes mecánicos. Se pueden utilizar otros materiales, siempre que los factores de diseño y la vida a fatiga sean iguales o mayores que los requeridos por esta Norma. Todos los metales ferrosos y no ferrosos utilizados en la fabricación de elementos estructurales y componentes mecánicos de dispositivos de elevación deben estar identificados mediante una especificación de propiedad escrita o de toda la industria.

1-4.6 Soldadura

Todos los diseños y procedimientos de soldadura para elevadores fabricados de acero, excepto la resistencia de diseño de las soldaduras, deben cumplir con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M. La resistencia de diseño de las soldaduras será como se define en el párr. 3-3.4. Cuando existan conflictos entre AWS D14.1/D14.1M y esta Norma, regirán los requisitos de esta Norma.

La soldadura de elevadores fabricados con metales que no sean acero se debe realizar de acuerdo con una especificación de soldadura adecuada determinada por una persona calificada, siempre que los requisitos de calidad e inspección sean iguales o superiores a los exigidos por esta norma.

1-4.7 Temperatura

Las disposiciones de diseño de esta norma se consideran aplicables cuando la temperatura del componente mecánico o estructural del elevador en consideración está dentro del rango de 25 °F a 150 °F (−4 °C a 66 °C). Cuando la temperatura del componente supera estos límites, es posible que se requieran consideraciones especiales de diseño adicionales. Estas consideraciones pueden incluir la elección de un material que tenga mejores propiedades a temperaturas bajas o altas, limitar los esfuerzos de diseño a un porcentaje más bajo de los esfuerzos permitidos o restringir el uso del elevador hasta que la temperatura del componente caiga dentro de los límites establecidos. Las disposiciones de diseño para componentes eléctricos se consideran aplicables cuando la temperatura ambiente no supera los 40 °C (104 °F). Los elevadores que se espera que operen en temperaturas ambiente más allá de este límite deben tener componentes eléctricos diseñados para la temperatura ambiente más alta.

(20)

1-5 DEFINICIONES

1-5.1 Definiciones — General

temperatura ambiente: la temperatura de la atmósfera que rodea el dispositivo de izaje.

carga(s) aplicada(s): fuerza(s) externa(s) que actúa(n) sobre un miembro estructural o elemento de máquina debido a la carga nominal, la carga muerta y otras fuerzas creadas por la operación y la geometría del dispositivo de izaje.

dispositivo de izaje debajo del gancho (dispositivo de izaje, elevador): un dispositivo, que no sea un bloque de carga, que se utiliza para sujetar una carga a un polipasto. El dispositivo puede contener componentes como eslingas, ganchos y accesorio de aparejo que se abordan en los volúmenes ASME B30 u otros estándares.

fractura frágil: escisión abrupta con poca o ninguna deformación dúctil previa.

carga muerta: los pesos de las partes del dispositivo de izaje.

diseño: actividad en la que una persona cualificada crea dispositivos, máquinas, estructuras o procesos para satisfacer una necesidad humana.

factor de diseño: relación entre la(s) tensión(es) del estado límite o la resistencia de un elemento y la(s) tensión(es) interna(s) permisible(s) o fuerzas creadas por la(s) fuerza(s) externa(s) que actúa(n) sobre el elemento.

fatiga: proceso de daño material permanente, localizado y progresivo que puede resultar en grietas o fracturas completas después de un número suficiente de ciclos de carga.

vida de fatiga: número de ciclos de carga de un tipo y magnitud específicos que soporta un miembro antes de fallar.

polipasto: unidad de maquinaria que se utiliza para levantar y bajar.

accesorio de izaje: dispositivo de soporte de carga, como una orejeta de izaje, cáncamo, muñón o accesorio similar que se une a la carga levantada, está diseñado para usarse con la carga específica a la que se une, y ya sea

(a) permanece unido a la carga, o

(b) se elimina y no se reutiliza.

estado límite: condición en la que una estructura o componente se vuelve inadecuado para el servicio, como fractura por fragilidad, colapso plástico, deformación excesiva, durabilidad, fatiga o inestabilidad, y se considera que ya no es útil para la función prevista (límite de servicio). estado) o ser inseguro (estado límite de fuerza).

bloque de carga: conjunto de gancho o grillete, eslabón giratorio, cojinete, poleas, pasadores y estructura suspendidos por el cable de elevación o la cadena de carga.

ciclo de carga: secuencia de carga definida por un rango entre el esfuerzo mínimo y máximo.

fabricante: persona, compañía o agencia responsable del diseño, fabricación o desempeño de un dispositivo de izaje debajo del gancho o componente de un dispositivo de izaje.

esfuerzo máximo: esfuerzo algebraico más alto por ciclo de carga.

componente mecánico: combinación de uno o más elementos de máquina junto con su armazón, fijaciones, etc., diseñados, ensamblados y dispuestos para soportar, modificar o transmitir movimiento, incluidos, entre otros, la chumacera, el gato de tornillo, acoplamiento, embrague, freno, reductor de engranajes y transmisión de velocidad ajustable.

esfuerzo mínimo: esfuerzo algebraico más bajo por ciclo de carga.

modificación: cualquier cambio, adición o reconstrucción de un componente de elevador.

persona calificada: persona que, por posesión de un título reconocido en un campo aplicable o certificado de posición profesional, o que, por amplios conocimientos, capacitación y experiencia, ha demostrado con éxito la capacidad de resolver o resolver problemas relacionados con el tema y trabajo.

carga nominal: la carga máxima para la que el fabricante designa el dispositivo de izaje.

estado límite de servicio: condición limitante que afecta la capacidad de una estructura para preservar su mantenibilidad, durabilidad o función de maquinaria bajo uso normal.

debe: palabra que indica un requisito.

debería: palabra que indica una recomendación.

estado límite de resistencia: condición límite que afecta a la seguridad de la estructura, en la que se alcanza la capacidad portante última.

concentración de tensión: tensión localizada considerablemente más alta que el promedio (incluso en secciones transversales uniformemente cargadas de espesor uniforme) debido a cambios abruptos en la geometría o carga localizada.

rango de tensión: diferencia algebraica entre tensión máxima y mínima. Se considera que el esfuerzo de tensión tiene el signo algebraico opuesto al esfuerzo de compresión.

miembro estructural: un componente o conjunto rígido de componentes fabricados a partir de forma(s), barra(s), placa(s), forjado(s) o fundido(s) estructural(es).

1-5.2 Definiciones para el Capítulo 3

cortante de bloque: modo de falla en una conexión atornillada o soldada que se debe a una combinación de cortante y tensión que actúa en planos ortogonales alrededor de la trayectoria neta mínima de falla de los elementos de conexión.

sección compacta: sección transversal de un miembro estructural que puede desarrollar una distribución de esfuerzos completamente plástica antes del inicio del pandeo local.

longitud efectiva: longitud equivalente Kl utilizada en las fórmulas de compresión.

factor de longitud efectiva: relación entre longitud efectiva y longitud no arriostrada del elemento medida entre centros de gravedad de elementos de arriostramiento.

área de tracción neta efectiva: parte del área de tracción bruta que se supone que soportará la carga de tracción de diseño en las conexiones del miembro o en las ubicaciones de los orificios, cortes u otras reducciones del área de la sección transversal.

ancho efectivo: ancho reducido de una placa que, con una distribución de esfuerzos uniforme asumida, produce el mismo efecto en el comportamiento de un miembro estructural que el ancho real de la placa con su distribución de esfuerzos no uniforme.

superficie de contacto: plano de contacto entre dos capas de una conexión atornillada.

área bruta: área total de la sección transversal del miembro.

pandeo local: pandeo de un elemento comprimido que puede precipitar la falla de todo el miembro a un nivel de tensión por debajo del límite elástico del material.

sección no compacta: una sección transversal de un miembro estructural que puede desarrollar el límite elástico en los elementos de compresión antes de que ocurra el pandeo local, pero que no resistirá el pandeo local inelástico a los niveles de deformación requeridos para una distribución de tensión completamente plástica.

miembro prismático: miembro con una sección transversal bruta que no varía a lo largo de su longitud.

fuerza de palanca: fuerza debida a la acción de palanca que existe en conexiones en las que la línea de aplicación de la carga aplicada es excéntrica al eje del perno, provocando la deformación del accesorio y una amplificación de la fuerza axial en el perno.

deslizamiento crítico: tipo de conexión atornillada en la que el corte se transmite por medio de la fricción producida entre las superficies de contacto por la acción de sujeción de los pernos.

1-5.3 Definiciones para el Capítulo 4

conducción inversa: una condición en la que la carga imparte movimiento al sistema de transmisión.

coeficiente de fricción estática: el número adimensional obtenido al dividir la fuerza de fricción que resiste el movimiento inicial entre dos cuerpos por la fuerza normal que presiona los cuerpos juntos.

sistema de accionamiento: un conjunto de componentes que gobierna el arranque, la parada, la fuerza, la velocidad y la dirección impartida a un aparato en movimiento.

polea igualadora: polea utilizada para igualar la tensión en partes opuestas de un cable. Debido a su ligero movimiento, no se denomina polea móvil.

potencia fluida: energía transmitida y controlada por medio de un fluido a presión, ya sea líquido o gas. El término se aplica tanto a la hidráulica, que utiliza un líquido presurizado como aceite o agua, como a la neumática, que utiliza aire comprimido u otros gases.

vida útil del rodamiento L_{10} : clasificación básica o la vida útil especificada de un rodamiento.

bloqueo: condición en la que la fricción en el sistema de transmisión impide la marcha atrás.

diámetro de paso: diámetro de una polea medido en la línea central del cable.

polea móvil: polea que gira a medida que se levanta o se baja la carga.

polea: rueda acanalada que se usa con una cuerda para cambiar la dirección y el punto de aplicación de una fuerza de tracción.

vacío: presión inferior a la presión atmosférica ambiente.

elevador por vacío: dispositivo de elevación debajo del gancho para levantar y transportar cargas utilizando una fuerza de retención por medio de vacío.

ventosa: un dispositivo que aplica una fuerza de sujeción sobre la carga por medio de vacío.

1-5.4 Definiciones para el Capítulo 5

freno: dispositivo, que a diferencia de un motor, utilizado para retardar o detener el movimiento de un aparato por medio de fricción o potencia.

controlador: dispositivo o grupo de dispositivos que gobiernan, de manera predeterminada, la potencia entregada al motor al que está conectado.

panel de control: conjunto de componentes que gobierna el flujo de energía hacia o desde un motor u otro equipo en respuesta a una(s) señal(es) de un(os) dispositivo(s) de control.

control(es): dispositivo utilizado para gobernar o regular las funciones de un aparato.

sistema de control: conjunto o grupo de dispositivos que gobiernan o regulan el funcionamiento de un aparato.

ciclo de trabajo:

$$\text{ciclo de trabajo} = \frac{\text{tiempo activo}}{\text{tiempo encendido} + \text{tiempo apagado}} \times 100$$

y se expresa en porcentaje.

EJEMPLO: 3 min encendido, 2 min apagado es igual a:

$$\frac{3}{3 + 2} \times 100 = 60\%$$

fuerza de alimentación eléctrica: especificaciones de electricidad requerida o suministrada, como el tipo (CA o CC), voltios, amperios, ciclos y fase.

motor eléctrico: máquina rotativa que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

electroimán alimentado externamente: imán de elevación suspendido de una grúa que requiere energía de una fuente externa a la grúa.

tierra (aterrado): conectado eléctricamente a tierra o a algún cuerpo conductor que sirve en lugar de la tierra.

interruptor maestro: interruptor manual que domina la operación de contactores, relés u otros dispositivos operados remotamente.

rectificador: dispositivo para convertir la corriente alterna en corriente continua.

sensor(es): dispositivo que responde a un estímulo físico y transmite la señal resultante.

interruptor: dispositivo para hacer, romper o cambiar las conexiones en un circuito eléctrico.

1-5.5 Definiciones para el Capítulo 6

entrehierro: la distancia entre la superficie de la carga ferrosa y las superficies de los polos magnéticos del imán. Este espacio puede ser un espacio de aire causado por una superficie de carga irregular, óxido o incrustaciones en la carga, pintura, aceite o refrigerante, suciedad, telas de taller, envoltura de papel, etc. El espacio de aire tiene una permeabilidad, μ_0 , similar a la del espacio libre.

coercitividad: fuerza de desmagnetización requerida para reducir la inducción magnética residual de un imán permanente, B_r , a cero.

área efectiva de contacto del imán: componente de un imán de elevación que está en contacto con la carga. Para que se considere parte del área efectiva de contacto del imán, el área debe ser parte del circuito magnético.

imán permanente controlado eléctricamente: imán de elevación que deriva la fuerza de retención del material del imán permanente y requiere corriente solo durante el período de conexión o liberación [consulte la Figura 1-5.5-1, ilustración (a)].

núcleo del electroimán: material dentro de la bobina de potencia diseñado para absorber el campo magnético y crear flujo.

Núcleo de imán electropermanente: material de imán permanente dentro de la bobina de potencia que está diseñado para retener la inducción residual después de energizarse, creando así el flujo.

compuesto de encapsulación: material que reemplaza el volumen de aire dentro del conjunto magnético. Comúnmente utilizado para la reducción de vibraciones, disipación de calor y aislamiento de las condiciones ambientales.

densidad de flujo (inducción magnética): campo magnético inducido por una intensidad de campo magnético, H, en un lugar determinado. La densidad de flujo es el flujo por unidad de área normal al circuito magnético.

trayectoria de flujo: componente de un imán elevador a través del cual debe viajar el flujo para alcanzar el área de contacto efectiva del imán.

fuerza de flujo: componente de un imán de elevación que crea el flujo. La fuente de flujo puede ser un electroimán o un imán permanente.

curva de histéresis: gráfico de cuatro cuadrantes que muestra la relación entre la densidad de flujo, B, y la intensidad del campo magnético, H, en condiciones variables.

fuerza coercitiva intrínseca: capacidad del material magnético para resistir la desmagnetización.

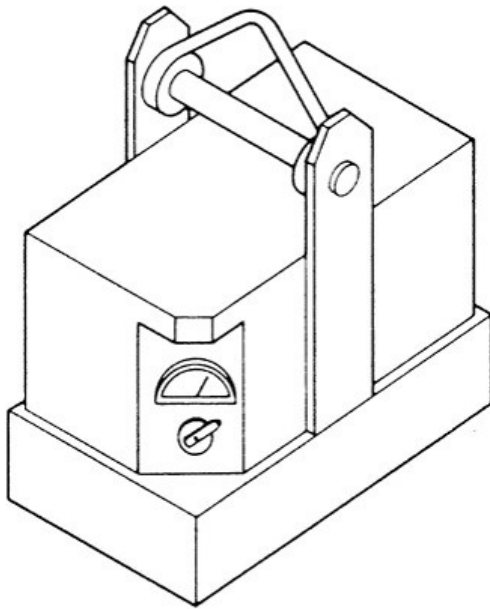
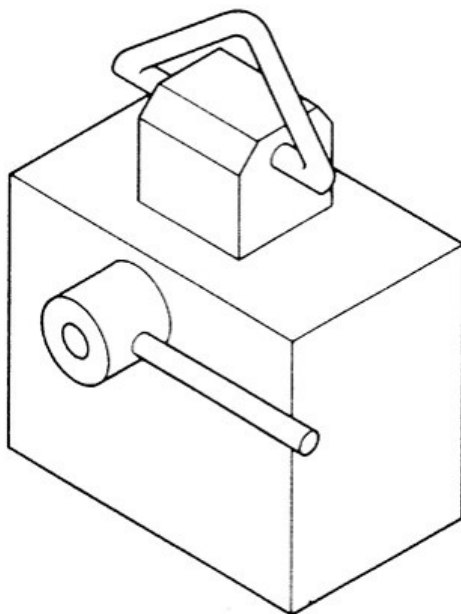
ciclo de trabajo del imán: porcentaje de tiempo que un electroimán puede estar energizado, T_e , relativo al tiempo total del ciclo. El tiempo sin energía es igual a T_d . Si no se clasifica como continuo, la clasificación del ciclo de trabajo del imán incluye información sobre el tiempo máximo de activación continua y el tiempo mínimo de desenergización para evitar el sobrecalentamiento.

$$\text{ciclo de trabajo del imán} = \frac{T_e}{T_e + T_d} \times 100$$

EJEMPLO: 3 min energizado, 2 min desenergizado es igual a:

$$\frac{3}{3 + 2} \times 100 = 60\%$$

circuito magnético: circuito magnético consta de una fuente de flujo, una trayectoria de flujo y el área de contacto del imán efectivo. En la condición de "conexión", la ruta de flujo incluye la carga. El circuito magnético en general describe un circuito de bucle cerrado que describe el camino desde un polo "norte" a un polo "sur" de la fuente de flujo.

Figura 1-5.5-1 Elevadores magnéticos**(a) Imán permanente controlado eléctricamente operado por proximidad cercana****(b) Imán permanente controlado manualmente operado por proximidad cercana**

fuerza magnetomotriz: fuerza que crea flujo en un circuito magnético.

imán permanente controlado manualmente: imán de izaje que deriva la fuerza de retención del material del imán permanente y requiere un esfuerzo manual durante los períodos de conexión o liberación [consulte la Figura 1-5.5-1, ilustración (b)].

producto de máxima energía: energía externa producida por imán.

polo norte: polo que exhibe características de campo magnético positivo cuando se mide con un dispositivo magnético (opuesto al polo sur).

material de imán permanente: material ferromagnético que retiene un nivel de inducción residual cuando la intensidad del campo magnético externo se reduce a cero.

permeabilidad: la relación entre la densidad de flujo en un material en un punto y la intensidad del campo magnético en ese punto.

polo: área del circuito magnético que exhibe una densidad de flujo constante de actitud positiva o negativa. Esto puede estar en el área de contacto del imán efectivo o en la fuente de flujo.

bobina de potencia: solenoide enrollado alrededor de un electroimán ferromagnético o un núcleo de imán electropermanente, comúnmente con varias capas de bobinados de profundidad. La bobina de potencia se utiliza para crear un campo magnético en el núcleo.

mecanismo de liberación: componente del imán de elevación que cambia la conexión a la carga entre "sujetar" y "liberar".

reluctancia: relación entre la fuerza magnetomotriz que actúa alrededor de un circuito magnético y el flujo resultante.

inducción magnética residual: intensidad de la inducción magnética que se retiene dentro de un material magnético cuando la intensidad del campo magnético externo se reduce a cero, en un escenario de circuito magnético cerrado.

polo sur: polo que exhibe características de campo magnético negativo cuando se mide con un dispositivo magnético (opuesto a un polo norte).

1-6 SÍMBOLOS

(20)

Cada símbolo se define donde se usa por primera vez.

NOTA: Algunos símbolos pueden tener diferentes definiciones dentro de este Estándar.

1-6.1 Símbolos para el Capítulo 3

$2a$ = longitud de la cara de la raíz no soldada en la dirección del espesor de la placa cargada a tensión, pulg. (mm)

A = área transversal, pulg.² (mm²)

a = distancia desde el borde del agujero hasta el borde de la placa en la dirección de la carga aplicada, pulg. (mm)

A_f = área de la brida de compresión, pulg.² (mm²)

A_s = área de tensión de tracción, pulg.² (mm²)
 A_v = área total de los dos planos de corte más allá del agujero, pulg.² (mm²)
 B = factor de tensión de flexión en tes y ángulos dobles
 b = ancho de un elemento de compresión, pulg. (mm)
 b_e = ancho neto real de una placa conectada por pasador entre el borde del orificio y el borde de la placa en una línea perpendicular a la línea de acción de la carga aplicada, pulg. (mm)
 b_{eff} = ancho efectivo a cada lado del agujero, in. (mm)
 b_f = ancho de la brida de compresión, pulg. (mm)
 C_b = coeficiente de flexión dependiente del gradiente de momento
 C_c = relación de esbeltez de la columna que separa el pandeo elástico e inelástico
 C_f = constante de categoría de tensión para el análisis de fatiga
 C_{LTB} = coeficiente de resistencia al pandeo lateral torsional
 C_m = coeficiente aplicado al término de flexión en la ecuación de interacción para el miembro prismático y dependiente de la curvatura de la columna causada por los momentos aplicados
 C_{mx}, C_{my} = coeficiente aplicado al término de flexión en la ecuación de interacción sobre el eje x o y, como se indica
 C_r = factor de reducción de resistencia para placas conectadas por pasador
 D = diámetro exterior de la sección hueca circular, pulg. (mm)
 d = profundidad de la sección, pulg. (mm); diámetro del rodillo, pulg. (mm)
 D_h = diámetro del orificio, pulg. (mm)
 D_p = diámetro del pasador, pulg. (mm)
 E = módulo de elasticidad
 = 29,000 ksi (200 000 MPa) para acero
 E_{xx} = resistencia nominal a la tracción del metal de soldadura, ksi (MPa)
 F_a = tensión de compresión axial admisible, ksi (MPa)
 f_a = tensión de compresión axial calculada, ksi (MPa)
 F_b = tensión de flexión admisible, ksi (MPa)
 F_{bx}, F_{by} = tensión de flexión admisible sobre el eje x o y, como se indica, ksi (MPa)
 f_{bx}, f_{by} = tensión de flexión calculada sobre el eje x o y, como se indica, ksi (MPa)
 F_{cr} = tensión crítica admisible debido a la combinación de esfuerzos cortantes y normales, ksi (MPa)
 f_{cr} = tensión crítica calculada, ksi (MPa)
 F_e' = Esfuerzo de Euler para un miembro prismático dividido por el factor de diseño, ksi (MPa)

F_{ex}', F_{ey}' = Tensión de Euler sobre el eje x o y, como se indica, dividida por el factor de diseño, ksi (MPa)
 F_p = tensión de apoyo admisible, ksi (MPa)
 F_{sr} = rango de tensión permisible para el detalle bajo consideración, ksi (MPa)
 F_t = tensión de tracción admisible, ksi (MPa)
 f_t = tensión de tracción axial calculada, ksi (MPa)
 F_t' = esfuerzo de tracción admisible para un perno sujeto a esfuerzos combinados de tracción y cortante, ksi (MPa)
 F_{TH} = valor umbral para F_{sr} , ksi (MPa)
 F_u = resistencia a la tracción mínima especificada, ksi (MPa)
 F_v = esfuerzo cortante permisible, ksi (MPa)
 f_v = esfuerzo cortante calculado, ksi (MPa)
 f_x, f_y = tensión normal calculada en la dirección x o y, como se indica, ksi (MPa)
 F_y = límite elástico mínimo especificado, ksi (MPa)
 G = módulo de elasticidad de corte
 = 11 200 ksi (77 200 MPa) para acero
 h = profundidad libre de la placa paralela a la fuerza cortante aplicada en la sección bajo investigación. Para formas laminadas, este valor se puede tomar como la distancia libre entre las alas menos el filete o el radio de la esquina, en mm (pulg.)
 h_c = el doble de la distancia desde el centro de gravedad a lo siguiente: la cara interior del ala comprimida menos el filete o radio de esquina, para perfiles laminados; la línea más cercana de sujetadores en el ala comprimida o las caras internas del ala comprimida cuando se usan soldaduras, para secciones armadas, pulg. (mm)
 h_p = el doble de la distancia desde el eje neutral de plástico hasta la línea más cercana de sujetadores en el ala comprimida o la cara interior del ala comprimida cuando se usan soldaduras, pulg. (mm)
 I_x = momento de inercia del eje principal, pulg.⁴ (mm⁴)
 I_y = momento de inercia del eje menor, pulg.⁴ (mm⁴)
 J = constante de torsión, pulg.⁴ (mm⁴)
 K = factor de longitud efectiva basado en el grado de fijación en cada extremo del miembro
 l = la longitud real no arriostrada del miembro, pulg. (mm)
 L_b = distancia entre secciones transversales arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral del ala comprimida; para vigas no arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral, la distancia máxima entre soportes o la distancia entre los dos puntos de carga aplicada que estén más alejados, la mayor entre ellas, mm (pulg.)

L_p = longitud máxima no arriostrada lateralmente de un elemento de flexión para el cual se puede realizar la capacidad de flexión plástica total, caso de momento uniforme ($C_b = 1.0$), pulg. (mm)	S_{xc} = módulo de sección del eje mayor con respecto al lado de compresión del miembro, in. ³ (mm ³)
L_r = longitud no arriostrada lateralmente de un elemento a flexión por encima del cual el estado límite será pandeo lateral torsional, pulg. (mm)	S_{xt} = módulo de sección del eje mayor con respecto al lado de tensión del miembro, in. ³ (mm ³)
M = número de planos de deslizamiento en la conexión, kip-in. (N·mm)	t = espesor de la placa, pulg. (mm); espesor de un elemento de compresión, pulg. (mm)
m = número de planos de deslizamiento en la conexión	t_p = espesor de la placa cargada a tensión, pulg. (mm)
M_1 = momento flector menor al final de la longitud no arriostrada de una viga tomada alrededor del eje mayor del miembro, kip-in. (N·mm)	t_w = espesor de la red, pulg. (mm)
M_2 = momento flexionante mayor al final de la longitud no arriostrada de una viga tomada alrededor del eje mayor del miembro, kip-in. (N·mm)	w = tamaño de la pata del filete de refuerzo o contorneado, si lo hay, en la dirección del espesor de la placa cargada a tensión, mm (pulg.)
M_p = momento plástico, kip-in. (N·mm)	Z_x = módulo plástico del eje mayor, in. ³ (mm ³)
M_y = momento de cesión de la fibra extrema, kip-in. (N·mm)	Z' = pérdida de longitud del plano de corte en una placa conectada por pasador, pulg. (mm)
N = vida de fatiga de diseño deseada en ciclos de carga del detalle que se está evaluando	ϕ = ángulo de ubicación del plano de corte para placas conectadas por pasador, grados
N_d = factor de diseño nominal	
N_{eq} = número equivalente de ciclos de carga de amplitud constante en el rango de tensión, S_{Rref}	
n_i = número de ciclos de carga para la i -ésima parte de un espectro de carga de amplitud variable	
P_b = resistencia a la fractura admisible en un solo plano más allá del agujero, kips (N)	
P_s = capacidad de corte admisible de un perno en una conexión de deslizamiento crítico, kips (N)	
P_t = resistencia a la tracción admisible a través del orificio, kips (N)	
P_v = resistencia al corte admisible en doble plano más allá del orificio, kips (N)	
R = distancia desde el centro del orificio hasta el borde de la placa en la dirección de la carga aplicada, pulg. (mm); variable utilizada en el análisis de fatiga acumulada; radio del borde de la placa	
r = radio de giro alrededor del eje bajo consideración, pulg. (mm); radio de curvatura del borde de la placa, pulg. (mm)	
R_p = carga de rodamiento permitida en los rodillos, kips/in. (N/mm)	
r_T = radio de giro de una sección que comprende el ala comprimida más un tercio del área del alma comprimida, tomado alrededor de un eje en el plano del alma, pulg. (mm)	
r_y = radio de giro del eje menor, pulg. (mm)	
S_{Ri} = rango de tensión para la parte i -ésima del espectro de carga de amplitud variable, ksi (MPa)	
S_{Rref} = rango de tensión de referencia con el que se relaciona N_{eq} relates, ksi (MPa)	
S_x = módulo de sección del eje mayor, pulg. ³ . (mm ³)	
	1-6.2 Símbolos para el Capítulo 4
	A = área efectiva de la ventosa encerrada entre la ventosa y el material cuando la ventosa está totalmente comprimida contra la superficie del material que se va a levantar, pulg. ² (mm ²)
	C_r = capacidad de carga dinámica básica para resistir teóricamente un millón de revoluciones, por fabricante de rodamientos, lb (N)
	d = diámetro nominal del eje o diámetro interior del cojinete, pulg. (mm)
	D_t = paso diametral, pulg. ⁻¹ (mm ⁻¹)
	F = ancho de cara del engranaje más pequeño, pulg. (mm)
	F_a = componente axial de la carga real del rodamiento, lb (N)
	F_H = fuerza mínima en cada lado de la carga, lb (N)
	F_r = componente radial de la carga real del rodamiento, lb (N)
	F_s = fuerza de apoyo total creada por el levantador, lb (N)
	H = factor de potencia del rodamiento
	K_A = factor de amplificación de la tensión de fatiga
	K_{ST} = factor de amplificación de tensión para cortante torsional
	K_{TB} = factor de amplificación de tensiones por flexión
	K_{TD} = factor de amplificación de tensión para tensión directa
	L = longitud del cojinete, pulg. (mm)
	L_{10} = vida nominal básica excedida por el 90% de los rodamientos probados, hr
	L_C = carga de diente permitida en flexión, lb (N)
	N = velocidad de rotación, rpm
	N_v = factor de diseño de la ventosa basado en la orientación de la carga
	P = presión promedio, psi (MPa)
	P_r = carga radial dinámica equivalente, lb (N)
	S = tensión axial/de flexión combinada calculada, ksi (MPa)
	S_a = tensión axial calculada, ksi (MPa)
	S_{av} = parte de la tensión de tracción calculada que no se debe a cargas fluctuantes, ksi (MPa)

S_b = tensión de flexión calculada, ksi (MPa)
 S_c = esfuerzo combinado calculado, ksi (MPa)
 S_e = límite de fatiga (resistencia) de la muestra pulida sin muescas en flexión inversa, ksi (MPa)
 S_{ec} = límite de fatiga corregida (resistencia) del eje en flexión inversa, ksi (MPa)
 S_f = tensión de fatiga calculada, ksi (MPa)
 S_R = parte de la tensión de tracción calculada debido a cargas fluctuantes, ksi (MPa)
 S_t = tensión de tracción axial calculada, ksi (MPa)
 S_u = resistencia a la tracción mínima especificada, ksi (MPa)
 S_y = límite elástico mínimo especificado, ksi (MPa) UPC = capacidad última calculada de la ventosa, lb (N)
 V = velocidad superficial del eje, ft/min (m/s)
 V_p = nivel de vacío mínimo especificado en la almohadilla, psi (MPa)

V_{PR} = clasificación máxima calculada de la almohadilla, lb (N)
 W = carga de cojinete, lb (N)
 X = factor de carga radial dinámica por fabricante de rodamientos
 Y = factor de forma de Lewis; factor de carga axial dinámica por fabricante de rodamientos
 θ = ángulo de la superficie de interfaz de la ventosa medido desde la horizontal, grados
 σ_y = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa)
 τ = esfuerzo cortante combinado calculado, ksi (MPa)
 τ_{av} = porción del esfuerzo cortante calculado que no se debe a las cargas fluctuantes, ksi (MPa)
 τ_f = esfuerzo cortante de fatiga combinado calculado, ksi (MPa)
 τ_R = porción del esfuerzo cortante calculado debido a cargas fluctuantes, ksi (MPa)
 τ_T = esfuerzo cortante torsional calculado, ksi (MPa)
 τ_V = esfuerzo cortante transversal calculado, ksi (MPa)

1-6.3 Símbolos para el Capítulo 6

NOTA: Los cálculos para el diseño de imanes se realizan comúnmente en unidades SI (m, kg, s). Por lo tanto, las ecuaciones del Capítulo 6 se presentan en unidades SI.

A = área de la sección transversal del circuito magnético o segmento del circuito, m²
 A_e = área de la sección transversal del núcleo del electroimán, m²
 A_m = área efectiva de contacto del imán, m²
 A_p = área de superficie polar del imán permanente, m²
 B_e = densidad de flujo del núcleo del electroimán, T
 BH_{max} = producto energético máximo, N/m²
 B_m = densidad de flujo, T
 B_r = inducción magnética residual de un imán permanente, T
 C = constante en la ec. (6-1)
 F = fuerza resultante, N
 F_m = fuerza magnetomotriz del circuito magnético, A
 H_c = coercitividad del imán permanente, A/m
 H_{ci} = fuerza coercitiva intrínseca, A/m

I = corriente en el cable de la bobina, A
 L = longitud magnética, m
 l = longitud del circuito magnético o segmento del circuito, m
 N = número de vueltas en la bobina
 R = reluctancia del circuito magnético, A/Wb
 R_n = reluctancia de una sección individual del circuito magnético, A/Wb
 R_{tot} = reluctancia total del circuito magnético, A/Wb
 ϕ_c = flujo disponible para el circuito magnético, Wb
 ϕ_e = flujo de la fuente de flujo del electroimán, Wb
 ϕ_m = flujo total requerido para la aplicación, Wb
 ϕ_p = flujo de la fuente de flujo de imanes permanentes, Wb
 μ = permeabilidad del material, henrios por metro (H/m)

1-7 REFERENCIAS

(20)

La siguiente es una lista de publicaciones a las que se hace referencia en esta Norma:

ANSI/AGMA 2001-D04 (reafirmada en marzo de 2016), Factores de calificación fundamentales y métodos de cálculo para dientes de engranaje helicoidal y recto involuto

Editor: Asociación Estadounidense de Fabricantes de Engranajes (AGMA), 1001 North Fairfax Street, Suite 500, Alexandria, VA 22314 (www.agma.org)

ANSI/NFPA 70-2020, Código Eléctrico Nacional Editor: Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), 1

Parque Batterymarch, Quincy, MA 02169 (www.nfpa.org)

ASME B17.1-1967 (R2013), llaves y asientos de llaves ASME B30.20-2018, dispositivos de elevación debajo del gancho ASME B30.26-2015, herrajes para aparejos

ASME B30.30-2019, Cables

Editor: Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos (ASME), Two Park Avenue, Nueva York, NY 10016-5990 (www.asme.org)

ASTM F3125/F3125M-18, Especificación estándar para pernos y conjuntos estructurales de alta resistencia, acero y acero aleado, tratado térmicamente, dimensiones en pulgadas, resistencia mínima a la tracción de 120 ksi y 150 ksi, y dimensiones métricas, resistencia mínima a la tracción de 830 MPa y 1040 MPa

Editor: Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM International), 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959 (www.astm.org)

AWS D14.1/D14.1M-2005, Especificación para soldadura de grúas industriales y de molino y otros equipos de manejo de materiales

Editor: Sociedad Estadounidense de Soldadura (AWS), 8669 NW 36 Street, No. 130, Miami, FL 33166 (www.aws.org)

DIN 6885-1 (1968), Fijaciones de tipo impulsor sin acción cónica; Llaves paralelas, chaveteros, patrón profundo

Editorial: Deutsches Institut für Normung, e. V. (DIN),
Budapester Straße 31, 10787 Berlín, Alemania
(www.din.de)

NEMA ICS 2-2000 (R2005), controladores, contactores y relés de sobrecarga nominales de 600 voltios

NEMA ICS 6-1993 (R2016), Control y sistemas industriales: gabinetes

ANSI/NEMA MG 1-2016, Motores y Generadores

Editor: Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), 1300 North 17th Street, Suite 900, Arlington, VA 22209 (www.nema.org)

Pilkey, W. D. y Pilkey, D. F., 2008, *Factores de concentración de tensión de Peterson*, 3.^a edición

Editor: John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030-5774 (www.wiley.com)

Especificación para edificios de acero estructural, 2010

Editor: Instituto Americano de Construcción de Acero (AISC),

130 East Randolph, Suite 2000, Chicago, IL 60601
(www.aisc.org)

Capítulo 2

Clasificaciones de levantadores

2-1 GENERALIDADES

Se debe designar una Categoría de Diseño y una Clase de servicio para cada elevador.

2-1.1 Selección

La selección de una Categoría de Diseño (criterio de resistencia estática) y Clase de servicio (criterio de vida a fatiga) descritas en las secciones 2-2 y 2-3 se debe basar en las condiciones de operación (uso) y la vida útil esperada del elevador.

2-1.2 Responsabilidad

La selección de Categoría de Diseño y Clase de servicio debe ser responsabilidad de una persona calificada que represente al propietario, comprador o usuario del dispositivo de izaje. Si no lo especifica el propietario, comprador o usuario, la Categoría de Diseño y la Clase de servicio deben ser designadas por la persona calificada responsable del diseño.

2-1.3 Identificación

La categoría de diseño y la clase de servicio se deben marcar en el elevador y deben aparecer en cotizaciones, planos y documentación asociada con el elevador.

2-1.4 Medio ambiente

Se supone que todos los componentes del elevador funcionan dentro del rango de temperatura definido en el párr. 1-4.7 y condiciones atmosféricas normales (libre de polvo excesivo, humedad y ambientes corrosivos). Los componentes del elevador que funcionan a temperaturas fuera del rango especificado en el párr. 1-4.7 puede requerir consideración adicional.

Tabla 2-3-1 Clase de servicio

Clase de servicio	Ciclos de carga
0	0-20,000
1	20,001-100,000
2	100,001-500,000
3	500,001-2,000,000
4	Más de 2,000,000

2-2 CATEGORÍA DE DISEÑO

Las Categorías de Diseño definidas en los párrs. 2-2.1, 2-2.2 y 2-2.3 prevén diferentes factores de diseño que establecen los límites de tensión que se utilizarán en el diseño. Los factores de diseño se dan en el párr. 3-1.3.

Los elevadores deben estar diseñados para la categoría de diseño B, a menos que una persona calificada determine que la categoría de diseño A es adecuada o que la categoría de diseño C es necesaria para una aplicación especial.

2-2.1 Categoría de diseño A

(a) La categoría de diseño A debería designarse cuando la magnitud y la variación de las cargas aplicadas al elevador son predecibles, donde las condiciones ambientales y de carga están definidas con precisión o no son severas.

(b) Los dispositivos de elevación de Categoría de diseño A se deben limitar a la Clase de servicio 0.

(c) El factor de diseño nominal para la categoría de diseño A debe estar de acuerdo con el párr. 3-1.3.

2-2.2 Categoría de diseño B

(a) La categoría de diseño B debería designarse cuando la magnitud y la variación de las cargas aplicadas al elevador no son predecibles, donde las condiciones ambientales y de carga son severas o no están definidas con precisión.

(b) El factor de diseño nominal para la categoría de diseño B debe estar de acuerdo con el párr. 3-1.3.

2-2.3 Categoría de diseño C

(a) La categoría de diseño C debería designarse para el diseño de dispositivos de elevación de aplicaciones especiales para los que se requiere el factor de diseño especificado.

(b) El factor de diseño nominal para la categoría de diseño C debe estar de acuerdo con el párr. 3-1.3.

2-3 CLASE DE SERVICIO

La Clase de servicio del levantador se debe determinar a partir de la Tabla 2-3-1 con base en la vida de fatiga especificada (ciclos de carga). La Clase de servicio seleccionada establece valores de rango de esfuerzos permisibles para miembros estructurales (sección 3-4) y parámetros de diseño para componentes mecánicos (secciones 4-6 y 4-7).

Capítulo 3

Diseño estructural

3-1 GENERALIDADES

3-1.1 Propósito

Este Capítulo establece los criterios de diseño para miembros estructurales prismáticos y conexiones de un dispositivo de izaje debajo del gancho.

3-1.2 Cargas

Los dispositivos de izaje debajo del gancho deben estar diseñados para resistir las cargas reales aplicadas. Estas cargas deben incluir la carga nominal, los pesos de los componentes individuales del levantador y otras fuerzas creadas por la operación del levantador, como la fuerza de agarre o las cargas laterales. Las cargas utilizadas en el diseño de los componentes estructurales y mecánicos de un imán de elevación se derivarán en función de la fuerza máxima de ruptura del imán. La resolución de estas cargas en miembros y fuerzas de conexión se realizará mediante un método de análisis estructural aceptado.

3-1.3 Base de diseño estática

3-1.3.1 Factores de diseño nominales. El diseño de resistencia estática de un dispositivo de izaje debajo del gancho debe basarse en los esfuerzos permisibles definidos en las secciones 3-2 y 3-3. Los valores mínimos del factor de diseño nominal, N_d , en las ecuaciones de esfuerzos admisibles deben ser los siguientes:

- $N_d = 2,00$ para elevadores de categoría de diseño A
- $= 3,00$ para elevadores de categoría de diseño B
- $= 6,00$ para elevadores de categoría de diseño C

3-1.3.2 Otras Condiciones de Diseño. Las tensiones admisibles para las condiciones de diseño no abordadas en este documento se deben basar en los siguientes factores de diseño:

(a) Los factores de diseño para los dispositivos de izaje de categoría de diseño A no deben ser inferiores a 2,00 para los estados límite de fluencia o pandeo y de 2,40 para los estados límite de fractura y para el diseño de la conexión.

(b) Los factores de diseño para los dispositivos de izaje de Categoría de Diseño B no deben ser inferiores a 3,00 para los estados límite de fluencia o pandeo y de 3,60 para los estados límite de fractura y para el diseño de la conexión.

(c) Los factores de diseño para dispositivos de izaje de categoría de diseño C no deben ser inferiores a 6,00 para estados límite de fluencia o pandeo y 7,20 para estados límite de fractura y para diseño de conexiones.

3-1.4 Bases de diseño de fatiga

Los elementos y conexiones sujetos a cargas repetidas se deben diseñar de manera que el esfuerzo máximo no exceda los valores dados en las secciones 3-2 y 3-3, y el rango máximo de esfuerzo no exceda los valores dados en la sección 3-4. Los miembros y conexiones sujetos a menos de 20,000 ciclos de carga (Clase de servicio 0) no necesitan ser analizados por fatiga.

3-1.5 Miembros curvos

El diseño de elementos curvos que estén sujetos a flexión en el plano de la curva debe tener en cuenta el aumento del esfuerzo máximo de flexión debido a la curvatura, según corresponda.

El aumento de tensión debido a la curvatura del miembro no necesita ser considerado para miembros flexionados que pueden desarrollar el momento plástico total cuando se evalúa la resistencia estática. Este aumento de tensión se debe considerar al evaluar la fatiga.

3-1.6 Esfuerzos permisibles

Todos los miembros estructurales, conexiones y conectores deben estar dimensionados de manera que los esfuerzos debidos a las cargas estipuladas en el párr. 3-1.2 no exceda los esfuerzos permitidos y los rangos de esfuerzo especificados en las secciones 3-2, 3-3 y 3-4. Los esfuerzos admisibles especificados en estas secciones no se aplican a los esfuerzos máximos en las regiones de las conexiones, siempre que se cumplan los requisitos de la sección 3-4.

3-1.7 Propiedades de miembros

Las propiedades de la sección de las secciones estructurales huecas (HSS) y la tubería se deben basar en un espesor de pared de diseño igual a 0,93 veces el espesor de pared nominal para formas soldadas por resistencia eléctrica (ERW) e igual al espesor de pared nominal para perfiles soldados por arco sumergido (SAW). Cuando no se conozca el método de fabricación o no pueda determinarse con fiabilidad, se utilizará el valor menor.

3-2 DISEÑO DE MIEMBROS

3-2.1 Miembros de tensión

El esfuerzo de tracción admisible, F_t , no debe exceder el valor dado por la ec. (3-1) sobre el área bruta ni el valor dado por la ec. (3-2) sobre el área de tracción neta efectiva.

$$F_t = \frac{F_y}{N_d} \quad (3-1)$$

$$F_t = \frac{F_u}{1.20N_d} \quad (3-2)$$

donde

F_u = resistencia a la tracción mínima especificada

F_y = límite elástico mínimo especificado

Consulte el párr. 3-3.3 para los requisitos de diseño de conexiones con pasadores.

3-2.2 Miembros de compresión

El esfuerzo de compresión axial admisible, F_a , en el área bruta donde todos los elementos de la sección cumplen con las disposiciones de la Tabla 3-2.2-1 y cuando la mayor relación de esbeltez, Kl/r , es menor que C_c es

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{N_d \left[1 + \frac{9(Kl/r)}{40C_c} - \frac{3(Kl/r)^3}{40C_c^3}\right]} \quad (3-3)$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (3-4)$$

Cuando Kl/r excede a C_c , el esfuerzo de compresión axial permisible en la sección bruta es

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{1.15N_d(Kl/r)^2} \quad (3-5)$$

donde

E = módulo de elasticidad

K = factor de longitud efectiva basado en el grado de fijación en cada extremo del miembro

l = la longitud real no arriostrada del miembro

r = radio de giro alrededor del eje bajo consideración

3-2.3 Miembros de flexión

3-2.3.1 Flexión del eje principal de secciones compactas. El esfuerzo de flexión admisible, F_b , para elementos con secciones compactas, como se define en la

Tabla 3-2.2-1, simétricos alrededor y cargados en el plano del eje menor, con las alas conectadas continuamente al alma o almas, y arriostradas lateralmente a intervalos no excediendo L_p como se define por eq. (3-7) para miembros en forma de I y por eq. (3-8) para los miembros de la caja es

$$F_b = \frac{1.10F_y}{N_d} \quad (3-6)$$

$$L_p = 1.76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \leq \frac{0.67E}{F_y d / A_f} \quad (3-7)$$

$$L_p = \frac{0.13r_y E}{M_p \sqrt{JA}} \quad (3-8)$$

donde

A = área transversal

A_f = área del ala comprimida

d = profundidad de la sección

J = constante de torsión

M_p = momento plástico

= $F_y Z_x \leq 1.5F_y S_x$ para secciones homogéneas

r_y = radio de giro del eje menor

S_x = módulo de sección del eje mayor

Z_x = módulo plástico del eje mayor

Para tubos circulares con paredes compactas definidas por Tabla 3-2.2-1 o tubos cuadrados o secciones de caja cuadrada con alas compactas y almas como se define en la Tabla 3-2.2-1 y con las alas conectadas continuamente a las almas, el esfuerzo de flexión permisible está dado por la ec. (3-6) para cualquier longitud entre puntos de arriostramiento lateral

3-2.3.2 Major Axis and Minor Axis Bending of Compact Sections With Unbraced Length Greater Than L_p and Noncompact Sections.

The allowable bending stress for members with compact or noncompact

sections as defined by Table 3-2.2-1, loaded through the shear center, bent about either the major or minor axis, and laterally braced at intervals not exceeding L_r for major axis bending as defined by eq. (3-10) for I-shape members and by eq. (3-11) for box members is given by eq. (3-9). For channels bent about the major axis, the allowable bending

stress is given by eq. (3-17).

$$F_b = \frac{F_y}{N_d} \quad (3-9)$$

$$L_r = \sqrt{\frac{3.19r_T^2 E C_b}{F_y}} \quad (3-10)$$

Tabla 3-2.2-1 Limitación de las relaciones ancho-espesor para elementos de compresión

(20)

Descripción del elemento	Width-Thickness Ratio	Limiting Width-Thickness Ratios for Members Subject to Axial Compression	Limiting Width-Thickness Ratios for Members Subject to Flexure	
			Compacto	No compacto
Bridas de vigas laminadas en forma de I, canales y tes	b/t	$0.56\sqrt{E/F_y}$	$0.38\sqrt{E/F_y}$	$1.00\sqrt{E/F_y}$
Bridas de secciones armadas en forma de I simple y doblemente simétricas y placas o patas angulares que sobresalen de secciones armadas en forma de I	b/t	$0.64\sqrt{k_c E/F_y}$ [Nota (1)]	$0.38\sqrt{E/F_y}$	$0.95\sqrt{k_c E/F_y}$ [Notas (1), (2)]
Placas que sobresalen de secciones enrolladas en forma de I; piernas sobresalientes de pares de ángulos en contacto continuo	b/t	$0.56\sqrt{E/F_y}$		
Piernas de ángulos simples; patas de doble ángulo con separadores; elementos no rigidizados, es decir, apoyado a lo largo de un borde	b/t	$0.45\sqrt{E/F_y}$	$0.54\sqrt{E/F_y}$	$0.91\sqrt{E/F_y}$
Bridas de todas las secciones y canales en forma de I en flexión sobre el eje débil	b/t		$0.38\sqrt{E/F_y}$	$1.00\sqrt{E/F_y}$
Vástago de tees	d/t	$0.75\sqrt{E/F_y}$	$0.84\sqrt{E/F_y}$	$1.52\sqrt{E/F_y}$
Alas de cajón rectangular y perfiles estructurales huecos de espesor uniforme; placas de cubierta de brida y placas de diafragma entre líneas de sujetadores o soldaduras	b/t	$1.40\sqrt{E/F_y}$	$1.12\sqrt{E/F_y}$	$1.40\sqrt{E/F_y}$
Almas de secciones y canales en forma de I doblemente simétricos	h/t_w	$1.49\sqrt{E/F_y}$	$3.76\sqrt{E/F_y}$	$5.70\sqrt{E/F_y}$
Almas de secciones en forma de I simétricas individuales	h_c/t_w		$\frac{h_c}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}} \leq 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\left(0.54 \frac{M_p}{M_y} - 0.09\right)^2$	$5.70\sqrt{E/F_y}$
Almas de HSS rectangular y cajas	h/t_w	$1.40\sqrt{E/F_y}$	$2.42\sqrt{E/F_y}$	$5.70\sqrt{E/F_y}$
Todos los demás elementos rigidizados uniformemente comprimidos, es decir, apoyados a lo largo de dos bordes	b/t h/t_w	$1.49\sqrt{E/F_y}$	$1.12\sqrt{E/F_y}$	$1.49\sqrt{E/F_y}$
Secciones huecas circulares	D/t	$0.11E/F_y$	$0.07E/F_y$	$0.31E/F_y$

NOTAS:

(1) Se aplican los siguientes valores: $k_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$ y $0.35 \leq k_c \leq 0.76$.

(2) Se aplican los siguientes valores:

 $F_L = 0.7F_y$ para la flexión del eje mayor de elementos en forma de I compactos y no compactos armados con alma con $S_{xt}/S_{xc} \geq 0.7$; $F_L = F_y S_{xt}/S_{xc} \geq 0.5F_y$ para el doblado en el eje mayor de miembros en forma de I compactos y no compactos con alma compuesta con $S_{xt}/S_{xc} < 0.7$.

$$L_r = \frac{2r_y E \sqrt{J_A}}{F_y S_x} \quad (3-11)$$

$$C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \leq 2.3 \quad (3-12)$$

donde M_1 es el menor y M_2 es el mayor momento de flexión en los extremos de la longitud no arriostrada, tomados alrededor del eje mayor del miembro, y donde M_1/M_2 es positivo cuando M_1 y M_2 tienen el mismo

signo (flexión de curvatura inversa). C_b puede tomarse conservadoramente como la unidad. Cuando el momento de flexión en cualquier punto dentro de una longitud no arriostrada es mayor que en ambos extremos de esta longitud, C_b debe tomarse como unidad [ver ecuación la ecuación. (3-12)].

Para miembros en forma de I y canales doblados alrededor del eje principal y con longitudes no arriostradas que caen en los rangos definidos por la ec. (3-13) o ec. (3-15), el esfuerzo de flexión permisible en tensión viene dado por la ec. (3-9). Para un miembro en forma de I para el cual la longitud no arriostrada del ala comprimida cae dentro del rango definido por la ec. (3-13), el esfuerzo de flexión permisible en compresión es

el mayor de los valores dados por las ecuaciones (3-14) y (3-17). Para un miembro en forma de I para el cual la longitud no arriostrada del ala comprimida cae dentro del rango definido por la ecuación (3-15), el esfuerzo de flexión permisible en compresión es el mayor de los valores dados por las ecuaciones (3-16) y (3-17). La ecuación (3-17) es aplicable solo a secciones con un ala comprimida sólida, de forma aproximadamente rectangular y con un área no menor que la del ala traccionada. Para canales doblados alrededor del eje mayor, el esfuerzo de compresión permisible viene dado por la ecuación (3-17)

$$\sqrt{\frac{3.19EC_b}{F_y}} \leq \frac{L_b}{r_T} \leq \sqrt{\frac{17.59EC_b}{F_y}} \quad (3-13)$$

$$F_b = \left[1.10 - \frac{F_y(L_b/r_T)^2}{3.19EC_b} \right] \frac{F_y}{N_d} \leq \frac{F_y}{N_d} \quad (3-14)$$

$$\frac{L_b}{r_T} > \sqrt{\frac{17.59EC_b}{F_y}} \quad (3-15)$$

$$F_b = C_{LTB} \frac{\pi^2 EC_b}{N_d (L_b/r_T)^2} \leq \frac{F_y}{N_d} \quad (3-16)$$

Para cualquier valor de L_b/r_T

$$F_b = C_{LTB} \frac{0.66EC_b}{N_d (L_b d / A_f)} \leq \frac{F_y}{N_d} \quad (3-17)$$

donde

b_f = ancho de la brida de compresión

C_{LTB} = 1,00 para vigas arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral del ala comprimida en los extremos del tramo no arriostrado

$$= \frac{2.00(EI_x / GJ)}{(L_b / b_f)^2} + 0.275 \leq 1.00 \text{ para vigas no}$$

arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral del ala comprimida en los extremos del tramo no arriostrado

I_x = momento de inercia del eje principal

L_b = distancia entre secciones transversales arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral

de la brida comprimida; para vigas no arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral, la mayor de la distancia máxima entre apoyos o la distancia entre los dos puntos de carga aplicada que estén más separados

r_T = radio de giro de una sección que comprende el ala comprimida más un tercio del área del alma comprimida, tomado alrededor de un eje en el plano del alma

El esfuerzo de flexión permisible para los miembros de caja para los cuales la longitud no arriostrada excede L_r como se define en la ec. (3-11) se calculará mediante un método adecuado determinado por una persona calificada.

El momento de eje mayor permisible, M , para tes y miembros de doble ángulo cargados en el plano de simetría es

$$M = C_{LTB} \frac{\pi \sqrt{EI_y GJ}}{N_d L_b} (B + \sqrt{1 + B^2}) \leq \frac{F_y a S_x}{N_d} \quad (3-18)$$

donde

a = 1.0 si el vástago está en compresión

= 1.25 si el vástago está en tensión

$$B = \pm 2.3(d/L_b) \sqrt{I_y/J}$$

C_{LTB} = 1.00 para vigas arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral del elemento a compresión en los extremos de la longitud no arriostrada

$$= \sqrt{\frac{0.25 \sqrt{EI_x / GJ}}{L_b / b_f}} \leq 1.00 \text{ para vigas no arriostra-}$$

das contra torsión o desplazamiento lateral de brida comprimida en los extremos de tramo no arriostrado si el vástago está en tracción

$$= \sqrt{\frac{0.50 \sqrt{EI_x / GJ}}{L_b / b_f}} \leq 1.00 \text{ para vigas no arriostradas}$$

contra torsión o desplazamiento lateral de brida comprimida en los extremos de brida no arriostrada

si el vástago está en compresión

G = módulo de elasticidad de corte

I_y = momento de inercia del eje menor

El valor B es positivo cuando el vástago está en tensión y negativo cuando el vástago está en compresión en cualquier punto a lo largo de la longitud no arriostrada.

La ecuación (3-18) se aplica a elementos con bridas compactas o no compactas. La resistencia a la flexión de los miembros con bridas delgadas debe evaluarse por medios adecuados.

3-2.3.3 Flexión del eje principal de barras rectangulares sólidas. El esfuerzo de flexión permisible para una sección rectangular de profundidad, d , y espesor, t , se da de la siguiente manera:

Si

$$\frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{0.08E}{F_y} \quad (3-19)$$

$$F_b = \frac{1.25F_y}{N_d} \quad (3-20)$$

Si

$$\frac{0.08E}{F_y} < \frac{L_b d}{t^2} \leq \frac{1.9E}{F_y} \quad (3-21)$$

$$F_b = C_{LTB} \times C_b \left[1.52 - 0.274 \left(\frac{L_b d}{t^2} \right) \frac{F_y}{E} \right] \frac{F_y}{N_d} \leq \frac{1.25 F_y}{N_d} \quad (3-22)$$

Si

$$\frac{L_b d}{t^2} > \frac{1.9E}{F_y} \quad (3-23)$$

$$F_b = C_{LTB} \times \frac{1.9 E C_b}{N_d (L_b d / t^2)} \leq \frac{1.25 F_y}{N_d} \quad (3-24)$$

donde

$C_{LTB} = 1.00$ para vigas arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral del elemento en compresión en los extremos del tramo no arriostrado

$$= \frac{3.00 \sqrt{EI_x / GJ}}{L_b / t} \leq 1.00 \text{ para vigas no arriostradas}$$

contra torsión o desplazamiento lateral del elemento en compresión en los extremos de la longitud no arriostrada

3-2.3.4 Flexión del eje menor de secciones compactas, barras sólidas y secciones rectangulares. Para miembros doblemente simétricos en forma de I y H con bridas compactas como se define en la Tabla 3-2.2-1 conectadas continuamente al alma y dobladas alrededor de sus ejes menores, barras sólidas redondas y cuadradas, y secciones rectangulares sólidas dobladas alrededor de sus ejes menores, el esfuerzo de flexión permisible es

$$F_b = \frac{1.25 F_y}{N_d} \quad (3-25)$$

Para tubos rectangulares o formas de caja con bridas y almas compactas como se define en la Tabla 3-2.2-1, con las bridas conectadas continuamente a las almas y dobladas alrededor de sus ejes menores, el esfuerzo de flexión permisible viene dado por la ecuación (3-6)

3-2.3.5 Flexión biaxial. Los miembros que no sean cilíndricos sujetos a flexión biaxial sin carga axial deben estar dimensionados para satisfacer la ecuación (3-26). Los elementos cilíndricos sujetos a flexión biaxial sin carga axial deben estar dimensionados para satisfacer la ecuación (3-27).

$$\frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (3-26)$$

$$\frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (3-27)$$

donde

F_{bx} or F_{by} = tensión de flexión admisible sobre el eje x- o y-, como se indica en el párr. 3-2.3

f_{bx} or f_{by} = tensión de flexión calculada sobre el eje x- o y-, como se indica

3-2.3.6 Corte en barras, pasadores y placas. El esfuerzo cortante promedio F_v en barras, pasadores y placas para los cuales $h/t \leq 2.45 \sqrt{E/F_y}$ no debe exceder

$$F_v = \frac{F_y}{N_d \sqrt{3}} \quad (3-28)$$

donde

h = profundidad libre de la placa paralela a la fuerza cortante aplicada en la sección bajo investigación. Para formas laminadas, este valor puede tomarse como la distancia libre entre las alas menos el filete o el radio de la esquina.

t = espesor de la placa

Métodos utilizados para determinar la resistencia de placas sometidas a fuerzas cortantes para las cuales $h/t > 2.45 \sqrt{E/F_y}$ debe proporcionar un factor de diseño con respecto al estado límite de pandeo no menor que el valor aplicable dado en el párrafo 1. 3-1.3.

3-2.4 Esfuerzos axiales y de flexión combinados (20)

Los elementos sujetos a esfuerzos combinados de compresión axial y flexión deben estar dimensionados para satisfacer los requisitos de (a) y (b). Los miembros sujetos a esfuerzos combinados de tracción axial y flexión deben estar dimensionados para satisfacer los requisitos en (c).

(a) Todos los miembros excepto los miembros cilíndricos deberán satisfacer las ecs. (3-29) y (3-30). Cuando $f_a/F_a \leq 0.15$, eq. (3-31) está permitido en lugar de las ecs. (3-29) y (3-30).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ex}}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ey}}\right) F_{by}} \leq 1.0 \quad (3-29)$$

$$\frac{f_a}{F_y / N_d} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (3-30)$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (3-31)$$

(b) Los miembros cilíndricos deberán satisfacer las ecs. (3-32) y (3-33). Cuando $f_a/F_a \leq 0,15$, eq. (3-34) está permitido en lugar de las ecuaciones (3-32) y (3-33).

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m \sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e'}\right) F_b} \leq 1.0 \quad (3-32)$$

$$\frac{f_a}{F_y/N_d} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (3-33)$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (3-34)$$

(c) Los elementos sujetos a esfuerzos combinados de tracción axial y flexión se deben dimensionar para satisfacer las siguientes ecuaciones. La ecuación (3-35) se aplica a todos los miembros excepto a los miembros cilíndricos. La ecuación (3-36) se aplica a miembros cilíndricos.

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (3-35)$$

$$\frac{f_t}{F_t} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{F_b} \leq 1.0 \quad (3-36)$$

En las ecuaciones (3-29) a (3-36),

F_a = tensión de compresión axial admisible del párr. 3-2.2

f_a = tensión de compresión axial calculada

$$F_e' = \frac{\pi^2 E}{1.15 N_d (Kl/r)^2}$$

F_t = tensión de tracción admisible del párr. 3-2.1

f_t = tensión de tracción admisible del párr. 3-2.1

donde la relación de esbeltez, Kl/r , es la del plano de flexión bajo consideración

$$C_m = C_{mx} = C_{my} = 1.0$$

Se pueden usar valores más bajos para C_m , C_{mx} y C_{my} si el análisis lo justifica.

3-2.5 Esfuerzos combinados normales y cortantes

Las regiones de elementos sujetos a esfuerzos normales y cortantes combinados se deben dimensionar de manera que el esfuerzo crítico f_{cr} calculado con la ecuación (3-37) no exceda el esfuerzo admisible F_{cr} definido en la ecuación.

$$f_{cr} = \sqrt{f_x^2 - f_x f_y + f_y^2 + 3f_v^2} \leq F_{cr} = \frac{F_y}{N_d} \quad (3-37)$$

donde

F_{cr} = Esfuerzo crítico admisible debido a esfuerzos normales y cortantes combinados

f_v = esfuerzo cortante calculado

f_x = tensión normal calculada en la dirección x

f_y = tensión normal calculada en la dirección y

3-2.6 Pandeo Local

Las relaciones ancho-espesor de los elementos de compresión deben ser menores o iguales a los valores de la Tabla 3-2.2-1 para que sean completamente efectivos.

Los métodos utilizados para determinar la resistencia de los elementos esbeltos a compresión deben proporcionar un factor de diseño con respecto al estado límite de pandeo no menor que el valor aplicable dado en el párrafo 1. 3-1.3.

3-3 DISEÑO DE CONEXIÓN

3-3.1 General

En el diseño de conexiones, no se debe considerar que los pernos comparten esfuerzos en combinación con soldaduras. Cuando los ejes de gravedad de los elementos de conexión sometidos a esfuerzos axiales no se cruzan en un punto, se deben prever los esfuerzos de flexión y de corte debidos a la excentricidad en la conexión.

El esfuerzo de apoyo admisible, F_p , en el área de contacto de superficies fresadas, refuerzos de apoyo instalados y otras piezas de acero en contacto estático es

$$F_p = \frac{1.8 F_y}{1.20 N_d} \quad (3-38)$$

La carga de rodamiento permisible, R_p , en kips por pulgada de longitud (N/mm) en los rodillos es

$$R_p = \frac{a}{1.20 N_d} \left(\frac{F_y - f}{20} \right)^c \quad (3-39)$$

donde

$a = 1.2$ si $d \leq 25$ pulg. (635 mm)

$= 6.0$ si $d > 25$ pulg. cuando se utilizan las unidades habituales de EE. UU. (F_y , ksi)

$= 30.2$ si $d > 635$ mm cuando se utilizan unidades SI (F_y , MPa)

$c = d$ si $d \leq 25$ pulg. (635 mm)

$= \sqrt{d}$ si $d > 25$ pulg. (635 mm)

d = diámetro del rodillo

$f = 13$ cuando se usan las unidades habituales de EE. UU. (F_y , ksi)

$= 90$ cuando se usan unidades SI (F_y , MPa)

F_y = menor límite elástico de las partes en contacto

(20) **3-3.2 Conexiones atornilladas**

Una conexión atornillada constará de un mínimo de dos pernos. El espaciamiento de los pernos y la distancia al borde deben determinarse mediante un enfoque de diseño aceptado para proporcionar un factor de diseño mínimo de $1,20 N_d$ con respecto a la fractura de las partes conectadas en tracción, corte o corte en bloque.

El esfuerzo de tensión permisible, F_t , del perno es

$$F_t = \frac{F_u}{1.20N_d} \quad (3-40)$$

El esfuerzo de tracción real, f_t , debe basarse en el área de esfuerzo de tracción del perno y la tensión del perno debida a las cargas aplicadas, tal como se define en el párr. 3-1.2. El esfuerzo de tracción en el perno debido a la precarga no se debe considerar en el cálculo de f_t .

El esfuerzo cortante permisible, F_v , del perno es

$$F_v = \frac{0.62F_u}{1.20N_d} \quad (3-41)$$

El esfuerzo cortante real, f_v , debe basarse en el área bruta del perno si el plano cortante pasa a través del vástago del perno, o el área de la raíz si el plano cortante pasa a través de la longitud roscada del tornillo y el cortante del perno debido a las cargas aplicadas como se define en el párrafo. 3-1.2.

El esfuerzo de apoyo permisible, F_p , de la parte conectada en el área proyectada del perno es

$$F_p = \frac{2.40F_u}{1.20N_d} \quad (3-42)$$

donde

F_u = resistencia a la tracción mínima especificada de la parte conectada

El esfuerzo de tracción admisible, F_t' , para un perno sometido a esfuerzos combinados de tracción y cortante es

$$F_t' = \sqrt{F_t^2 - 2.60f_v^2} \quad (3-43)$$

La capacidad de corte permisible, P_s , de un perno en una conexión de deslizamiento crítico en la que las superficies de contacto están limpias y sin pintar es

$$P = m \frac{0.26A_s F_u^s}{1.20N_d} \quad (3-44)$$

donde

A_s = área de tensión de tracción

m = número de planos de deslizamiento en la conexión

Los diámetros de los orificios para pernos en conexiones de deslizamiento crítico no deben ser más de $\frac{1}{16}$ pulg. (2 mm) mayores que el diámetro del perno. Si son necesarios agujeros más grandes, la capacidad de la conexión se reducirá en consecuencia.

La resistencia al deslizamiento de las conexiones en las que las superficies de contacto están pintadas o recubiertas de otro modo debe determinarse mediante ensayo.

Los pernos en conexiones de deslizamiento crítico se deben apretar durante la instalación para proporcionar una tensión inicial igual a por lo menos el 70 % de la resistencia a la tracción mínima especificada del perno. Se debe usar una arandela plana endurecida debajo de la parte girada (tuerca o cabeza del perno) durante la instalación. Se deben usar arandelas debajo de la cabeza del perno y la tuerca de los pernos ASTM F3125 Grado A490 cuando el material conectado tiene un límite elástico mínimo especificado de menos de 40 ksi (276 MPa).

Solo se deben usar pernos ASTM F3125 Grado A325 o ASTM F3125 Grado A490 en conexiones de deslizamiento crítico.

Las conexiones atornilladas sujetas a carga de corte cíclico se deben diseñar como conexiones de deslizamiento crítico, a menos que la carga de corte se transfiera entre las partes conectadas por medio de pasadores, chavetas u otros elementos ajustados.

3-3.3 Conexiones ancladas

3-3.3.1 Resistencia estática de las placas. La resistencia de una placa unida por pasadores en la región del agujero debe tomarse como el valor mínimo de la resistencia a la tracción del área efectiva en un plano que pasa por el centro del agujero perpendicular a la línea de acción de carga aplicada, la resistencia a la fractura más allá del agujero en un solo plano paralelo a la línea de acción de la carga aplicada, y la resistencia al corte en el doble plano más allá del agujero paralelo a la línea de acción de la carga aplicada

La resistencia a la tracción admisible a través del agujero de alfiler, P_t , se calculará de la siguiente manera:

$$P_t = C_r \frac{F_u}{1.20N_d} 2t b_{\text{eff}} \quad (3-45)$$

donde

b_{eff} = ancho efectivo a cada lado del agujero

$$C_r = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{D_p^2}{D_h^2}} \quad (3-46)$$

donde

D_h = diámetro de agujero

D_p = diámetro del pasador

El valor de C_r puede ser 1,00 para valores de D_p/D_h superiores a 0,90.

El ancho efectivo se tomará como el menor de los valores calculados de la siguiente manera:

$$b_{\text{eff}} = 4t \leq b_e \quad (3-47)$$

$$b_{\text{eff}} = b \frac{0.6 F_u}{F_y \sqrt{\frac{D_h}{b_e}}} \leq b_e \quad (3-48)$$

donde

b_e = ancho real de una placa conectada por pasador entre el borde del orificio y el borde de la placa en una línea perpendicular a la línea de acción de la carga aplicada

El límite de ancho de la ecuación (3-47) no se aplica a las placas que están rigidizadas o que de otra manera se les impide pandearse fuera del plano.

La resistencia a la fractura admisible en un solo plano más allá del agujero del pasador P_b es

$$P_b = C_r \frac{F_u}{1.20 N_d} \left[1.13 \left(R - \frac{D_h}{2} \right) + \frac{0.92 b_e}{1 + b_e/D_h} \right] t \quad (3-49)$$

donde

R = distancia desde el centro del agujero hasta el borde de la placa en la dirección de la carga aplicada

La resistencia al corte admisible en el doble plano más allá del agujero del pasador P_v es

$$P_v = \frac{0.70 F_u A_v}{1.20 N_d} \quad (3-50)$$

donde

A_v = área total de los dos planos de corte más allá del agujero del pasador

$$A_v = 2 \left[a + \frac{D_p}{2} (1 - \cos \phi) \right] t \quad (3-51)$$

$$\phi = 55 \frac{D_p}{D_h} \quad (3-52)$$

donde

a = distancia desde el borde del agujero de alfiler hasta el borde de la placa en la dirección de la carga aplicada

ϕ = ángulo de ubicación del plano de corte para placas conectadas por pasador, grados

3-3.3.2 Esfuerzos combinados. Si un agujero de pasador está ubicado en un punto donde se inducen esfuerzos significativos a partir del comportamiento del miembro, como tensión o flexión, los esfuerzos locales de la función como una conexión articulada deben combinarse con los esfuerzos brutos del miembro de acuerdo con los párrs. 3-2.4 y 3-2.5.

3-3.3.3 Carga de fatiga. El esfuerzo de tracción promedio en el área neta a través del agujero de alfiler no debe exceder los límites definidos en el párr. 3-4.3 para la categoría de tensión E.

Los agujeros en las conexiones diseñadas para las Clases de servicio 1 a 4 deben perforarse, escariarse o terminarse de otro modo para proporcionar una rugosidad superficial máxima de 500 μin . (12,5 μm) alrededor de la superficie interior del orificio.

3-3.3.4 Esfuerzo de rodamiento. El esfuerzo de rodamiento entre el pasador y la placa, basado en el área proyectada del pasador, no debe exceder el valor dado por la ecuación (3-53), donde F_y es el límite elástico del pasador o placa, el que sea menor. La tensión de apoyo entre el pasador y la placa en conexiones que girarán bajo carga durante un gran número de ciclos de carga (Clase de servicio 1 o superior) no debe exceder el valor dado por la ecuación (3-54)

$$F_p = \frac{1.25 F_y}{N_d} \quad (3-53)$$

$$F_p = \frac{0.63 F_y}{N_d} \quad (3-54)$$

3-3.3.5 Espacio libre de pasador a orificio. El espacio entre el pasador y el orificio en conexiones que girarán bajo carga o que experimentarán inversión de carga en servicio durante una gran cantidad de ciclos de carga (Clase de servicio 1 o superior) debe ser el necesario para permitir el funcionamiento adecuado de la conexión.

3-3.3.6 Diseño de pines. Las fuerzas cortantes y los momentos de flexión en el pasador se calcularán en función de la geometría de la conexión. Se puede suponer que la distribución de las cargas entre las placas y el pasador es uniforme o puede tener en cuenta los efectos de las deformaciones locales.

3-3.4 Conexiones soldadas

3-3.4.1 General. Para los propósitos de esta sección, las soldaduras de filete o ranura cargadas paralelamente al eje de la soldadura deben diseñarse para fuerzas de corte. Las soldaduras de ranura cargadas perpendicularmente al eje de la soldadura deben diseñarse para fuerzas de tensión o compresión. El diseño de la conexión soldada debe proporcionar un acceso adecuado para depositar el metal de soldadura. La resistencia de una soldadura se rige por el material base o el material de soldadura depositado de la siguiente manera:

(a) La resistencia de diseño de las soldaduras de ranura sujetas a tensión o compresión deberá ser igual al área efectiva de la soldadura multiplicada por la tensión admisible del metal base definida en la sección 3-2.

(b) La resistencia de diseño de las soldaduras de ranura de penetración parcial o de filete sujetas a cortante debe ser igual al área efectiva de la soldadura multiplicada por la tensión admisible F_v dada por la ec. (3-55). Las tensiones en el metal base no deben exceder los límites definidos en la sección 3-2.

$$F_v = \frac{0.60E_{xx}}{1.20N_d} \quad (3-55)$$

donde

E_{xx} = resistencia nominal a la tracción del metal de soldadura

(c) La resistencia de diseño de las soldaduras de ranura de penetración completa sujetas a cortante se basará en la resistencia del metal base.

(d) *Combinación de soldaduras.* Si dos o más de los tipos generales de soldaduras (párrafos 3-3.4.2 a 3-3.4.4) se combinan en una sola junta, la capacidad efectiva de cada uno debe calcularse por separado con referencia al eje del grupo en para determinar la capacidad permitida de la combinación.

Las áreas efectivas y las limitaciones para las soldaduras de ranura, filete, tapón y ranura se indican en los párrs. 3-3.4.2 a 3-3.4.4.

3-3.4.2 Soldaduras de ranura. Las soldaduras de ranura pueden ser del tipo de penetración de unión completa o de penetración de unión parcial. El área de soldadura efectiva para cualquier tipo se define como la longitud efectiva de soldadura multiplicada por el espesor de garganta efectivo.

La longitud efectiva de cualquier soldadura de ranura es la longitud sobre la cual la sección transversal de la soldadura tiene el espesor de garganta efectivo adecuado. No se permiten soldaduras de ranura intermitentes.

El espesor de garganta efectivo es la distancia mínima desde la raíz de la ranura hasta la cara de la soldadura, menos cualquier refuerzo (generalmente la profundidad de la ranura). Para una soldadura de ranura de penetración completa, el espesor de garganta efectivo es el espesor de la parte más delgada unida. En las soldaduras de ranura de penetración parcial, el espesor de garganta efectivo para ranuras en J o U y para ranuras biseladas o en V con un ángulo mínimo de 60 grados es la profundidad de la ranura. Para ranuras en V de 45 a 60 grados, el espesor de garganta efectivo es la profundidad de la ranura menos 1/8 pulg. (3 mm).

El espesor de garganta efectivo mínimo de soldadura de ranura de penetración parcial se proporciona en la Tabla 3-3.4.2-1. El espesor mínimo de garganta viene determinado por la parte más gruesa unida. Sin embargo, en ningún caso el espesor efectivo de la garganta será menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas

Para soldaduras abocinadas biseladas y con ranura en V, el espesor efectivo de la garganta se basa en el radio de la barra o

curva a la que está unida y el tipo de soldadura abocinada. Para soldaduras biseladas, el espesor de garganta efectivo es 5/16 veces el radio de la barra o curvatura. Para soldaduras de ranura en V, el espesor de garganta efectivo es 1/2 veces el radio de la barra o curva.

3-3.4.3 Soldaduras de filete. El tamaño de la soldadura de filete se especifica por el ancho de la pierna, pero la tensión se determina por el espesor efectivo de la garganta. La garganta efectiva de una soldadura de filete debe ser la distancia más corta desde la raíz hasta la cara de la soldadura. En general, se considera que este grosor de garganta efectivo está en un ángulo de 45° desde la pierna y tiene una dimensión de 0.707

veces el ancho de la pierna. El área de soldadura efectiva de una soldadura de filete se define como la longitud efectiva de la soldadura multiplicada por el espesor de garganta efectivo.

La longitud efectiva de una soldadura de filete será la total del filete de tamaño completo, incluidos los retornos finales. Siempre que sea posible, una soldadura de filete debe terminarse con retornos finales. La longitud mínima de los retornos finales será dos veces el tamaño de la soldadura. Estos retornos estarán en el mismo plano que el resto de la soldadura.

La longitud efectiva mínima de una soldadura de filete debe ser cuatro veces el tamaño de soldadura especificado, o se debe considerar que el tamaño de la soldadura no excede un cuarto de la longitud de soldadura efectiva.

Para soldaduras de filete en orificios o ranuras, la longitud efectiva debe ser la longitud de la línea central de la soldadura a lo largo del plano que pasa por el centro de la garganta de la soldadura. El área de soldadura efectiva no debe exceder el área de la sección transversal del orificio o ranura.

El tamaño mínimo de la soldadura de filete no debe ser menor que el tamaño requerido para transmitir las fuerzas calculadas ni el tamaño dado en la Tabla 3-3.4.3-1. Estos tamaños tabulados no se aplican a los refuerzos de soldadura de filete de soldaduras de penetración de unión parcial o completa.

El tamaño máximo de soldadura de filete se basa en el espesor de las partes conectadas. A lo largo de los bordes de los materiales de espesor inferior a 1/4 pulg. (6 mm), el tamaño de la soldadura no debe exceder el espesor del material. A lo largo de los bordes donde el espesor del material es de 1/4 pulg. (6 mm) o mayor, el tamaño de la soldadura no debe ser mayor que el espesor del material menos 1/16 pulg. (2 mm).

Las soldaduras de filete intermitentes se pueden usar para transferir el esfuerzo calculado a través de una junta o superficie de contacto cuando la resistencia requerida es menor que la desarrollada por una soldadura de filete continua del tamaño más pequeño permitido y para unir componentes de miembros armados. La longitud efectiva de cualquier filete intermitente no debe ser inferior a cuatro veces el tamaño de la soldadura con un mínimo de 1 1/2 pulg. (38 mm). Se realizarán soldaduras intermitentes a ambos lados de la junta en al menos 25% de su lon-

Tabla 3-3.4.2-1 Espesor de garganta efectivo mínimo de soldaduras de ranura de penetración parcial

Grosor del material de la pieza unida más gruesa, pulg. (mm)	Espesor de garganta efectivo mínimo, pulg. (mm)
A 1/4 (6)	1/8 (3)
Más de 1/4 (6) hasta 1/2 (13)	3/16 (5)
Más de 1/2 (13) hasta 3/4 (19)	1/4 (6)
Más de 3/4 (19) hasta 1 1/2 (38)	5/16 (8)
Más de 1 1/2 (38) hasta 2 1/4 (57)	3/8 (10)
Más de 2 1/4 (57) hasta 6 (150)	1/2 (13)
Más de 6 (150)	5/8 (16)

NOTA GENERAL: La garganta efectiva no necesita exceder el espesor de la parte más delgada unida.

Tabla 3-3.4.3-1 Tamaños mínimos de soldaduras de filete

Grosor del material de la pieza unida más gruesa, pulg. (mm)	Tamaño mínimo de soldadura de filete, pulg. (mm)
Hasta ¼ (6)	⅛ (3)
Más de ¼ (6) hasta ½ (13)	⅜ (5)
Más de ½ (13) hasta ¾ (19)	¼ (6)
Más de ¾ (19)	⅝ (8)

gitud. El espaciado máximo de las soldaduras de filete intermitentes es 12 pulg. (300 mm).

En juntas traslapadas, la cantidad mínima de traslape debe ser cinco veces el espesor de la parte más delgada unida, pero no menos de 1 pulgada (25 mm). Cuando se produzcan juntas traslapadas en placas o barras sujetas a esfuerzos axiales, ambas partes traslapadas deben soldarse a lo largo de sus extremos.

Las soldaduras de filete no deben usarse en uniones en T sesgadas que tengan un ángulo incluido de menos de 60° o más de 135 grados. El borde del miembro colindante debe estar biselado, cuando sea necesario, para limitar la abertura de la raíz a 1/8 pulg. (3 mm) como máximo.

Las soldaduras de filete en orificios o ranuras se pueden usar para transmitir cortante en juntas traslapadas o para evitar el pandeo o la separación de partes traslapadas y para unir componentes de miembros ensamblados. Las soldaduras de filete en orificios o ranuras no deben considerarse soldaduras de tapón o de ranura.

3-3.4.4 Soldaduras de tapón y ranura. Las soldaduras de tapón y ranura se pueden usar para transmitir cortante en juntas traslapadas o para evitar el pandeo de partes traslapadas y para unir partes componentes de miembros armados. El área de corte efectiva de las soldaduras de tapón y ranura se debe considerar como el área transversal nominal del orificio o ranura en el plano de la superficie de contacto.

El diámetro del orificio para una soldadura de tapón no debe ser menor que el espesor de la parte que lo contiene más 5/16 pulg. (8 mm) redondeado al siguiente mayor impar 1/16 pulg. (2 mm), ni mayor que el diámetro mínimo más 1/8 pulg. (3 mm) o 2 1/4 veces el espesor de la soldadura, el que sea mayor. El espaciado mínimo de centro a centro de las soldaduras de tapón debe ser cuatro veces el diámetro del orificio.

La longitud de la ranura para una soldadura de ranura no debe exceder 10 veces el espesor de la soldadura. El ancho de la ranura deberá cumplir con los mismos criterios que el diámetro del orificio para una soldadura de tapón. Los extremos de la ranura serán semicirculares o tendrán las esquinas redondeadas a un radio no menor que el espesor de la parte que la contiene, excepto aquellos extremos que se extiendan hasta el borde de la parte. El espaciado mínimo de líneas de soldaduras de ranura en una dirección transversal a su longitud debe ser cuatro veces el ancho de la ranura. El espacio mínimo de centro a centro en una dirección longitudinal en cualquier línea debe ser dos veces la longitud de la ranura. El espesor de las soldaduras de tapón o ranura en material de 5/8 pulg. (16 mm) o menos de espesor debe ser igual al espesor del material. En material de más de 5/8 pulgadas (16 mm) de espesor, el espesor de la soldadura debe ser al menos la mitad del espesor del material pero no menos de 5/8 pulgadas (16 mm).

3-4 DISEÑO DE FATIGA

3-4.1 General

Al aplicar las disposiciones de diseño a fatiga definidas en esta sección, los esfuerzos calculados se deben basar en el análisis elástico y los esfuerzos no se deben amplificar por factores de concentración de esfuerzos para discontinuidades geométricas.

3-4.2 Clasificaciones de levantadores

Las clasificaciones de los levantadores deben ser las indicadas en el Capítulo 2. Estas clasificaciones se basan en el uso del levantador con cargas de magnitud variable, como se analiza en el Apéndice C no obligatorio. En realidad, el uso real del levantador puede diferir, posiblemente de manera significativa, de la carga definida. Espectros Si se conocen o se pueden suponer suficientes datos de elevación, el número equivalente de ciclos de carga de amplitud constante se puede determinar utilizando la ecuación. (3-56).

$$N_{eq} = \sum \left(\frac{S_{Ri}}{S_{Rref}} \right)^3 n_i \quad (3-56)$$

donde

N_{eq} = número equivalente de ciclos de carga de amplitud constante en el rango de tensión S_{Rref}

n_i = número de ciclos de carga para la i -ésima parte de un espectro de carga de amplitud variable

S_{Ri} = rango de tensión para la i -ésima parte de un espectro de carga de amplitud variable

S_{Rref} = rango de tensión de referencia al que se refiere N_{eq} . Este suele ser, aunque no necesariamente, el rango de tensión máximo considerado.

3-4.3 Rangos de tensión permitidos

El rango de tensión máxima será el que se indica en la Tabla 3-4.3-1.

Los esfuerzos de tracción en el metal base de todos los elementos estructurales que soportan carga, incluidos ejes y pasadores, no deben exceder los rangos de esfuerzo para la Categoría de esfuerzo A.

3-4.4 Categorías de tensión

La categoría de tensión se puede determinar a partir de los detalles de las uniones que se dan en la Tabla 3-4.4-1.

3-4.5 Fatiga por tracción en sujetadores roscados

Los pernos de alta resistencia, los pernos comunes y las varillas roscadas sujetos a cargas de fatiga por tracción deben diseñarse de modo que la tensión de tracción calculada en el área de tensión de tracción debido a la carga aplicada combinada y las fuerzas de palanca no exceda el rango de tensión de diseño calculado utilizando la ec. (3-57). El factor C_f se tomará como $3,9 \times 108$. El esfuerzo umbral, F_{TH} , se tomará como 7 ksi (48 MPa). Para uniones en las que los sujetadores estén pretensados al menos al 70% de su resistencia mínima a la tracción, se permitirá un análisis de la rigidez relativa

(20) **Tabla 3-4.3-1 Rangos de esfuerzos permitidos, ksi (MPa)**

Categoría de tensión (De la Tabla 3-4.4-1)	Clase de servicio			
	1	2	3	4
A	63 (435)	37 (255)	24 (165)	24 (165)
B	49 (340)	29 (200)	18 (125)	16 (110)
B'	39 (270)	23 (160)	15 (100)	12 (83)
C	35 (240)	21 (145)	13 (90)	10 (69) [Nota (1)]
D	28 (190)	16 (110)	10 (69)	7 (48)
E	22 (150)	13 (90)	8 (55)	4.5 (31)
E'	16 (110)	9 (60)	6 (40)	2.6 (18)
F	15 (100)	12 (83)	9 (60)	8 (55)
G	16 (110)	9 (60)	7 (48)	7 (48)

NOTA: (1) Se permite un rango de tensión de flexión de 12 ksi (83 MPa) en la punta de las soldaduras de los refuerzos en las bridas.

de las partes conectadas y los sujetadores para determinar el rango de tensión de tracción en los sujetadores debido a las cargas cíclicas. Alternativamente, se debe suponer que el rango de tensión en los sujetadores es igual a la tensión en el área de tracción neta debido al 20% del valor absoluto de la carga de tracción de diseño. Si los elementos de fijación no están pretensados al menos al 70 % de su resistencia mínima a la tracción, se supondrá que toda la tensión la soportan exclusivamente los elementos de fijación.

3-4.6 Análisis de fatiga acumulada

Si se desea un análisis de fatiga de los componentes más refinado que el provisto por las cuatro Clases de servicio dadas en el Capítulo 2, la ecuación (3-57) se puede utilizar para obtener el rango de tensión admisible para cualquier número de ciclos de carga para las categorías de tensión dadas en la Tabla 3-4.4-1.

$$F_{sr} = R \left(\frac{C_f q}{N} \right)^{ex} \geq F_{TH} \quad (3-57)$$

donde $R = 1$, excepto como sigue:

(a) para la categoría de tensión C' cuando las tensiones están en ksi

$$R = \frac{0.65 - 0.59 \left(\frac{2a}{t_p} \right) + 0.72 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0$$

(b) para la categoría de tensión C' cuando las tensiones están en MPa,

$$R = \frac{1.12 - 1.01 \left(\frac{2a}{t_p} \right) + 1.24 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0$$

(c) para la categoría de tensión C'' cuando las tensiones están en ksi,

$$R = \frac{0.06 + 0.72 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0$$

(d) para la categoría de tensión C'' cuando las tensiones están en MPa,

$$R = \frac{0.10 + 1.24 \left(\frac{w}{t_p} \right)}{t_p^{0.167}} \leq 1.0$$

Use los requisitos para la Categoría de estrés C si $R = 1.0$.

$2a$ = longitud de la cara de raíz no soldada en la dirección del espesor de la placa cargada a tensión

C_f = constante de la Tabla 3-4.4-1 para la categoría de tensión

$C_f q = 44 \times 108$ para las categorías de tensión C, C' y C'' cuando las tensiones están en ksi

$= 14,4 \times 1011$ para las categorías de tensión C, C' y C'' cuando las tensiones están en MPa

$ex = 0,167$ para la categoría de tensión F

$= 0,333$ para todas las categorías de estrés excepto F

F_{sr} = rango de tensión permisible para el detalle bajo consideración. El rango de tensión es la diferencia algebraica entre la tensión máxima y la tensión mínima.

F_{TH} = valor umbral de F_{sr} según la carga dada en Tabla 3-4.4-1

N = vida de fatiga de diseño deseada en ciclos de carga del detalle que se está evaluando. N es el número esperado de ciclos de rango de tensión de amplitud constante y debe ser proporcionado por el propietario. Si no se especifica la vida de fatiga deseada, una persona calificada debe usar los valores de umbral, F_{TH} , como el rango de tensión admisible, F_{sr} . Para el análisis de daño acumulativo de un espectro de carga de amplitud variable, se puede calcular un número equivalente de ciclos de carga de amplitud constante utilizando la ecuación (3-56)

$q = 1.0$ cuando las tensiones están en ksi

$= 329$ para todas las categorías de estrés excepto F cuando

los esfuerzos están en MPa, excepto cuando se indique

$= 110000$ para la categoría de estrés F cuando los esfuerzos están en MPa, excepto cuando se indique

t_p = espesor de la placa cargada a tensión

w = tamaño de la pata del filete de refuerzo o contorno, si

lo hay, en la dirección del espesor de la placa cargada a tensión

3-5 OTRAS CONSIDERACIONES DE DISEÑO

3-5.1 Factores de impacto

El diseño de dispositivos de izaje debajo del gancho normalmente no requiere el uso de un factor de impacto. Los factores de diseño establecidos en este capítulo se basan en espec

tros de carga en los que las cargas de impacto máximas son iguales al 50 % de la carga máxima levantada para los levantadores de categoría de diseño A y al 100 % de la carga levantada máxima para los levantadores de categoría de diseño B. En el caso de que se espere que un levantador esté sujeto a una carga de impacto superior a estos valores, una persona calificada deberá incluir un factor de impacto adicional para tener en cuenta dichas cargas.

3-5.2 Concentraciones de estrés

Las concentraciones de tensión debidas a huecos, cambios de sección o detalles similares se tendrán en cuenta al determinar las tensiones máximas en elementos portantes sujetos a carga cíclica, a menos que se indique

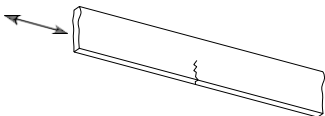
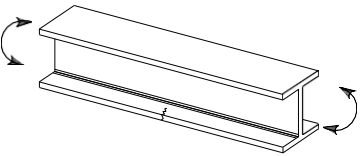
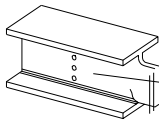
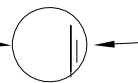
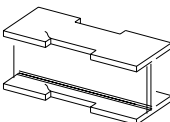
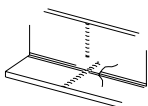
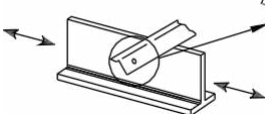
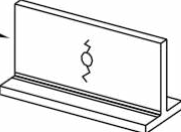
lo contrario en este capítulo. La necesidad de utilizar tensiones máximas, en lugar de tensiones medias, al calcular la resistencia estática debe ser determinada por una persona calificada en función de la naturaleza del detalle y las propiedades del material que se utiliza.

3-5.3 Deflexión

Es responsabilidad de una persona calificada determinar cuándo se deben aplicar los límites de deflexión y establecer las magnitudes de esos límites para el diseño de los mecanismos y elementos estructurales de los dispositivos de izaje.

Table 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga

(20)

Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 1 — Material simple lejos de cualquier soldadura					
1.1 Metal común, excepto acero resistente a la intemperie sin recubrimiento, con superficie laminada o limpia. Bordes cortados con llama con un valor de rugosidad superficial de 1000 $\mu\text{in.}$ (25 μm) o menos, pero sin esquinas reentrantes.	A	250×10^8	24 (165)	Lejos de todas las soldaduras o conexiones estructurales	  (a) (b)
1.2 Metal base de acero resistente a la intemperie sin recubrimiento con superficie laminada o limpia. Bordes cortados con llama con valor de rugosidad superficial de 1000 $\mu\text{in.}$ (25 μm) o menos, sin re-entrada de esquinas.	B	120×10^8	16 (110)	Lejos de todas las soldaduras o conexiones estructurales	
1.3 Miembro con agujeros taladrados o escariados. Miembro con esquinas entrantes en remate, cortes, bloqueos u otras discontinuidades geométricas realizadas según los requisitos de AISC (2010) Apéndice 3, excepto orificios de acceso para soldadura.	B	120×10^8	16 (110)	En cualquier borde externo o perímetro del agujero	   (a) (b) (c)
1.4 Secciones transversales laminadas con orificios de acceso para soldadura realizados según los requisitos de AISC (2010) Sección J1.6 y Apéndice 3. Elementos con orificios taladrados o escariados que contienen pernos para la fijación de arriostramiento ligero donde hay una pequeña componente longitudinal de la fuerza de arriostramiento.	C	44×10^8	10 (69)	En la esquina de entrada del orificio de acceso a la soldadura o en cualquier orificio pequeño (puede contener un perno para conexiones menores)	   (a) (b) (c) As seen with bracing removed

ASME BTH-1-2020

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

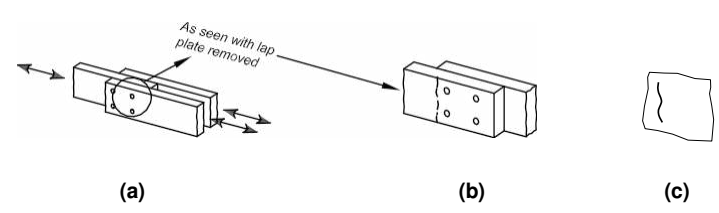
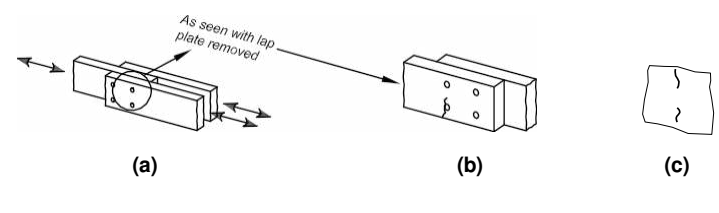
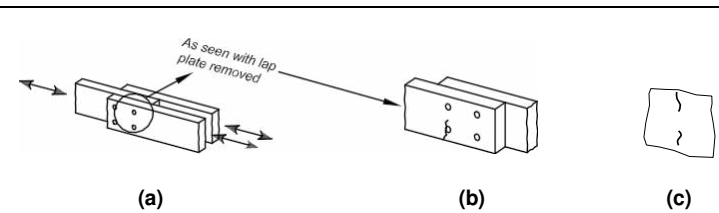
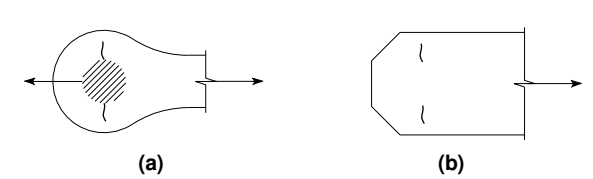
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 2 — Material Conectado en Juntas Fijadas Mecánicamente					
2.1 Área bruta de metal base en juntas traslapadas conectadas por pernos de alta resistencia en juntas que satisfacen todos los requisitos para conexiones de deslizamiento crítico.	B	120×10^8	16 (110)	A través de la sección bruta cerca del agujero	 (a) (b) (c) (Nota: las cifras son para conexiones atornilladas de deslizamiento crítico)
2.2 Metal base en la sección neta de uniones atornilladas de alta resistencia, diseñadas en base a la resistencia al rodamiento, pero fabricadas e instaladas de acuerdo con todos los requisitos para conexiones de deslizamiento crítico.	B	120×10^8	16 (110)	In net section originating at side of hole	 (a) (b) (c) (Note: figures are for bolted connections designed to bear, meeting the requirements of slip-critical connections)
2.3 Metal base en la sección neta de otras uniones fijadas mecánicamente, excepto barras de ojo y placas de clavijas.	D	22×10^8	7 (48)	En la sección neta que se origina en el lado del agujero	 (a) (b) (c) (Nota: las cifras corresponden a pernos, remaches u otros sujetadores mecánicos bien apretados)
2.4 Metal base en la sección neta de la cabeza de la barra ocular o placa de pasador.	E	11×10^8	4.5 (31)	En la sección neta que se origina en el lado del agujero	 (a) (b)

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

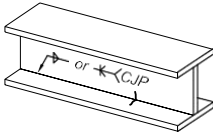
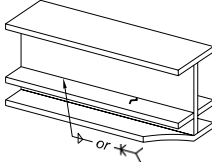
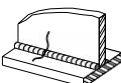
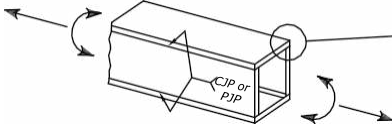
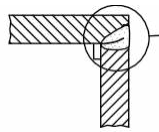
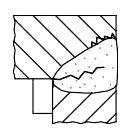
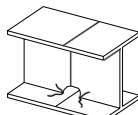
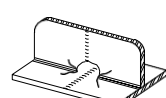
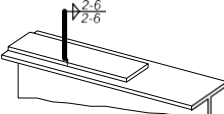
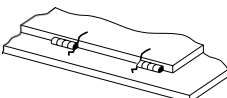
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 3 — Juntas soldadas que unen los componentes de los miembros armados					
3.1 El metal base y el metal de soldadura en miembros sin accesorios formados por placas o formas conectadas por soldaduras de ranura longitudinales continuas de penetración completa en la unión, ranuradas en la parte posterior y soldadas desde el segundo lado, o por soldaduras de filete continuas.	B	120×10^8	16 (110)	Desde la superficie o discontinuidades internas en la soldadura lejos del final de la soldadura	   (a) (b) (c)
3.2 El metal base y el metal de soldadura en miembros sin accesorios formados por placas internas o formas conectadas por soldaduras de ranura longitudinales continuas de penetración completa en la junta sin quitar las barras de respaldo, o por soldaduras de ranura continuas de penetración parcial en la junta.	B'	61×10^8	12 (83)	De discontinuidades superficiales o internas en la soldadura, incluidas las barras de respaldo que se unen a la soldadura	   (a) (b) (c)
3.3 Metal base en la terminación del metal de soldadura de las soldaduras longitudinales en los orificios de acceso a las soldaduras en miembros ensamblados conectados.	D	22×10^8	7 (48)	Desde la terminación de la soldadura hasta el alma o la brida	  (a) (b)
3.4 Metal base en los extremos de los segmentos de soldadura de filete intermitente longitudinal.	E	11×10^8	4.5 (31)	En material conectado en las ubicaciones de inicio y fin de cualquier depósito de soldadura	  (a) (b)

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

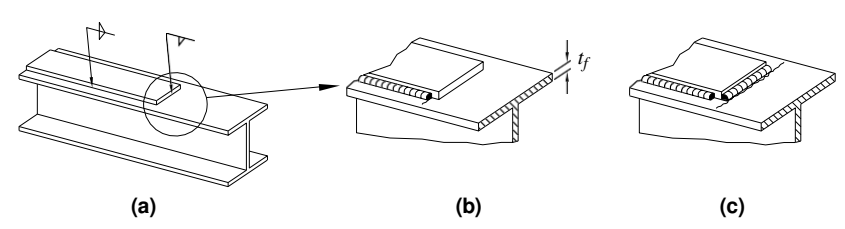
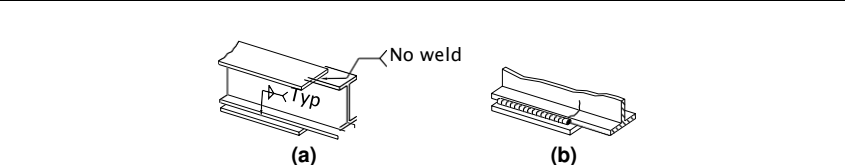
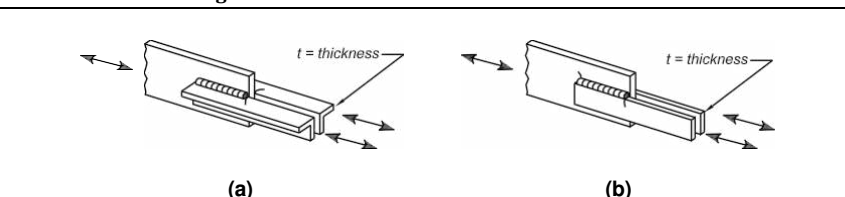
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 3 — Juntas soldadas que unen los componentes de miembros armados (continuación)					
3.5 Metal base en los extremos de las placas de cubierta soldadas de longitud parcial más angostas que el ala que tiene extremos cuadrados o cónicos, con o sin soldaduras en los extremos; y placas de cubierta más anchas que el ala con soldaduras en los extremos: Espesor de la brida ≤ 20 mm (0,8 pulg.) Espesor de brida > 20 mm (0,8 pulg.)	E E'	11×10^8 3.9×10^8	4.5 (31) 2.6 (18)	En el ala en la punta de la soldadura de extremo o en el ala en la terminación de la soldadura longitudinal o en el borde del ala con placas de cubierta anchas	 (a) (b) (c)
3.6 Metal base en los extremos de las placas de cubierta soldadas de longitud parcial más anchas que el ala sin soldaduras en los extremos.	E'	3.9×10^8	2.6 (18)	En el borde de la brida al final de la soldadura de la placa de cubierta	 (a) (b)
Sección 4 — Conexiones finales soldadas con filete longitudinal					
4.1 Metal base en la unión de miembros cargados axialmente con conexiones finales soldadas longitudinalmente. Las soldaduras deben estar a cada lado del eje del elemento para equilibrar las tensiones de soldadura.: $t \leq 0.5$ in. (12 mm) $t > 0.5$ in. (12 mm)	E E'	11×10^8 3.9×10^8	4.5 (31) 2.6 (18)	Iniciando desde el final de cualquier terminación de soldadura que se extienda hacia el metal base	 (a) (b)

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

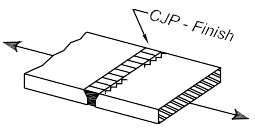
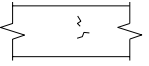
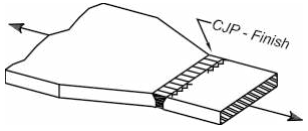
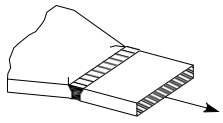
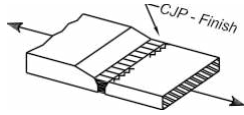
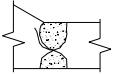
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 5 — Uniones soldadas transversales a la dirección del esfuerzo					
5.1 Metal base y metal de soldadura en o adyacente a empalmes soldados con ranura de penetración completa en secciones transversales soldadas o laminadas con soldaduras esencialmente paralelas a la dirección del esfuerzo y con solidez establecida por inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrafos 10.8 a 10.13.	B	120×10^8	16 (110)	De discontinuidades internas en el metal de aporte o a lo largo del límite de fusión	 (a)  (b)
5.2 Metal base y metal de soldadura en o adyacente a empalmes soldados con ranura de penetración de junta completa con soldaduras esmeriladas esencialmente paralelas a la dirección del esfuerzo en transiciones de espesor o ancho realizadas en una pendiente no mayor a 1:2.5 y con solidez de la soldadura establecida por radiografía o inspección ultrasónica de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrafos 10.8 a 10.13. $F_y < 90$ ksi (620 MPa) $F_y \geq 90$ ksi (620 MPa)	B B'	120×10^8 61×10^8	16 (110) 12 (83)	De discontinuidades internas en el metal de aporte o a lo largo del límite de fusión o al comienzo de la transición cuando $F_y \geq 90$ ksi (620 MPa)	 (a)  (b) $F_y \geq 90$ ksi (620 MPa) Cat. B'  (c)  (d)

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

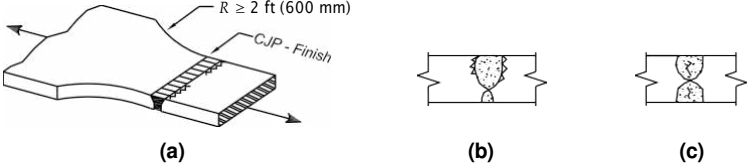
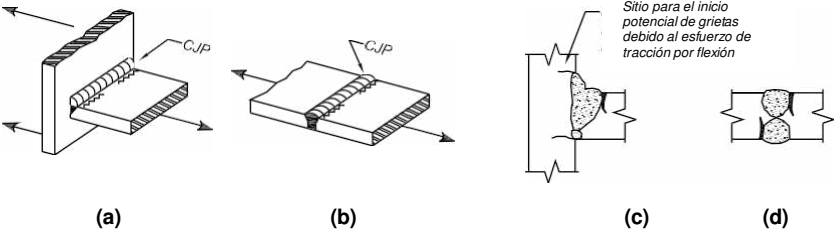
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 5 — Uniones soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (continuación)					
5.3 Metal base y metal de soldadura en o adyacente a empalmes soldados con ranura de penetración de junta completa con soldaduras esmeriladas esencialmente paralelas a la dirección del esfuerzo en transiciones de ancho hechas en un radio de no menos de 2 pies (600 mm) con el punto de tangencia al final de la soldadura de ranura y con la solidez de la soldadura establecida por inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrs. 10.8 a 10.13.	B	120×10^8	16 (110)	De discontinuidades internas en el metal de aporte o discontinuidades a lo largo del límite de fusión	
5.4 El metal base y el metal de soldadura en o adyacente al pie de soldaduras de ranura de penetración de junta completa en T o juntas de esquina o empalmes, con o sin transiciones de espesor que tengan pendientes no mayores de 1:2.5, cuando el refuerzo de soldadura no se retira y con solidez de la soldadura establecida por inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrafos 10.8 a 10.13.	C	44×10^8	10 (69)	Desde la discontinuidad de la superficie en la base de la soldadura que se extiende hacia el metal base o hacia el metal de soldadura	

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

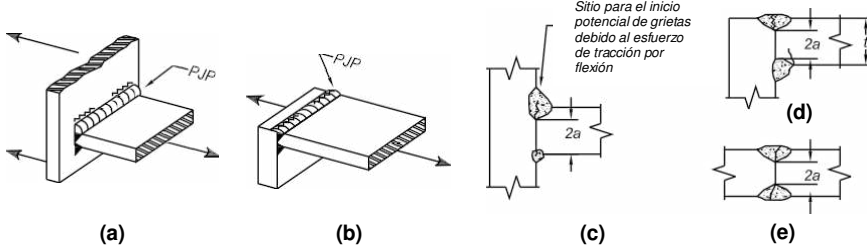
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 5 — Uniones soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (continuación)					
5.5 El metal base y el metal de soldadura en las conexiones de los extremos transversales de los elementos de placa cargados por tensión que utilizan soldaduras de ranura de penetración parcial en juntas a tope o en T o en esquina, con filetes de refuerzo o de contorneado, la FSR debe ser la menor de las grietas de punta o grietas de raíz permitidas rango de tensión: Grieta que se inicia desde la punta de la soldadura	C	44×10^8	10 (69)	Comenzando desde la discontinuidad geométrica en la punta de la soldadura que se extiende hacia el metal base	 Sitio para el inicio potencial de grietas debido al esfuerzo de tracción por flexión
Grieta que se inicia desde la raíz de la soldadura	C'	Eq. (3-57)	Ninguno proporcionado	Iniciación en la raíz de la soldadura sujeta a tensión que se extiende hacia y a través de la soldadura	

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

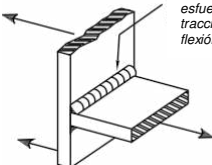
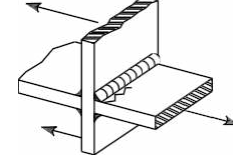
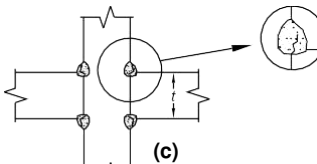
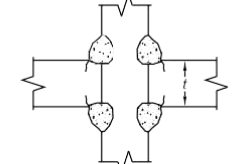
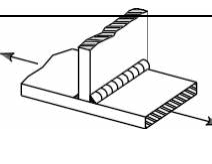
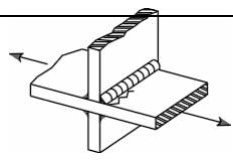
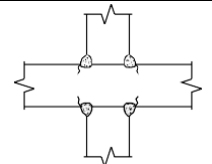
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 5 — Uniones soldadas transversales a la dirección del esfuerzo (continuación)					
5.6 Metal base y metal de soldadura en las conexiones transversales de los elementos de placa cargados a tensión usando un par de soldaduras de filete en lados opuestos de la placa. FSR será el menor de los rangos de tensión admisible de la fisura de pie o la fisura de raíz: Grieta que se inicia desde la punta de la soldadura	C	44×10^8	10 (69)	Comenzando desde la discontinuidad geométrica en la punta de la soldadura que se extiende hacia el metal base	   
Grieta que se inicia desde la raíz de la soldadura	C''	Eq. (3-57)	Ninguno proporcionado	Iniciación en la raíz de la soldadura sujeta a tensión que se extiende hacia y a través de la soldadura	
5.7 Metal base de elementos de placa cargados a tensión y en vigas y alas o almas de vigas laminadas en la base de soldaduras de filete transversales adyacentes a rigidizadores transversales soldados.	C	44×10^8	10 (69)	Desde la discontinuidad geométrica en la punta del filete que se extiende hacia el metal base	  

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

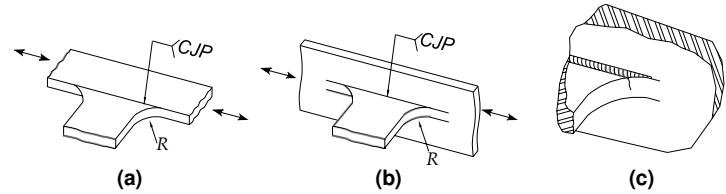
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 6 — Metal base en conexiones de miembros transversales soldados					
6.1 El metal base en los detalles unidos por soldaduras de ranura de penetración completa en la junta está sujeto a carga longitudinal solo cuando el detalle incorpora un radio de transición R con la terminación de la soldadura rectificadas y con la solidez de la soldadura establecida mediante inspección radiográfica o ultrasónica de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrafos 10.8 a 10.13. $R \geq 24$ in. (600 mm) 24 in. (600 mm) $> R \geq 6$ in. (150 mm) 6 in. (150 mm) $> R \geq 2$ in. (50 mm) 2 in. (50 mm) $> R$				Cerca del punto de tangencia del radio en el borde del miembro	
	B	120×10^8	16 (110)		
	C	44×10^8	10 (69)		
	D	22×10^8	7 (48)		
	E	11×10^8	4.5 (31)		

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

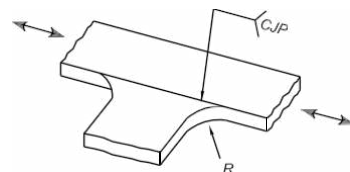
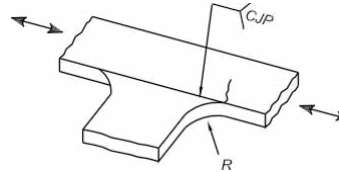
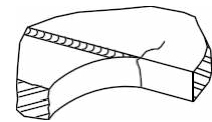
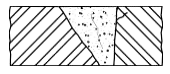
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 6 — Metal base en conexiones de miembros transversales soldados (continuación)					
6.2 Metal base en detalles de igual espesor unidos por soldaduras de ranura de penetración completa sujetas a carga transversal con o sin carga longitudinal cuando el detalle representa un radio de transición, R, con la terminación de la soldadura esmerilada y con la solidez de la soldadura establecida por radiografía o ultrasonido. inspección de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrafos 10.1 a 10.13: Cuando se retira el refuerzo de soldadura: $R \geq 24$ in. (600 mm) 24 in. (600 mm) $> R \geq 6$ in. (150 mm) 6 in. (150 mm) $> R \geq 2$ in. (50 mm) 2 in. (50 mm) $> R$ Cuando no se quita el refuerzo de soldadura: $R \geq 24$ in. (600 mm) 24 in. (600 mm) $> R \geq 6$ in. (150 mm) 6 in. (150 mm) $> R \geq 2$ in. (50 mm) 2 in. (50 mm) $> R$					    
	B	120×10^8	16 (110)	Cerca de los puntos de tangencia del radio o en la soldadura o en el límite de fusión o miembro o accesorio	
	C	44×10^8	10 (69)		
	D	22×10^8	7 (48)	En la base de la soldadura a lo largo del borde del miembro o del accesorio	
	E	11×10^8	4.5 (31)		
	C	44×10^8	10 (69)		
	C	44×10^8	10 (69)		
	D	22×10^8	7 (48)		
	E	11×10^8	4.5 (31)		

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

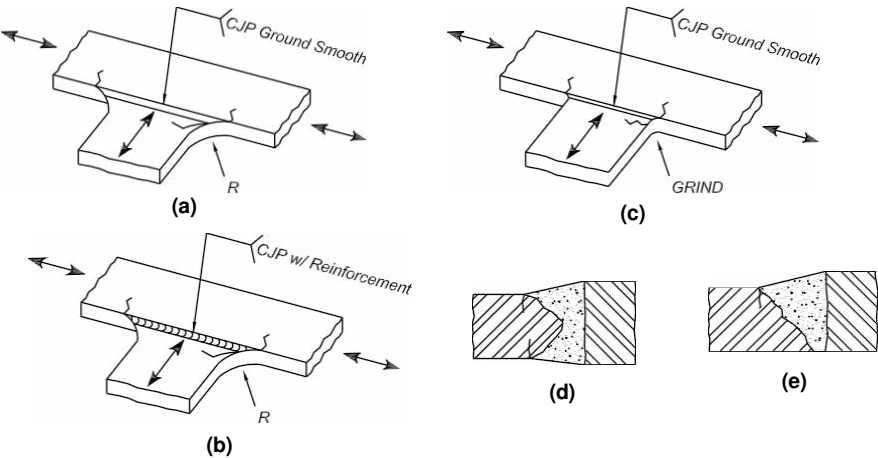
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 6 — Metal base en conexiones de miembros transversales soldados (continuación)					
6.3 Metal base en detalles de espesor desigual unidos por soldaduras de ranura de penetración completa sujetas a carga transversal con o sin carga longitudinal cuando el detalle incorpora un radio de transición, R, con la terminación de la soldadura esmerilada y con la solidez de la soldadura establecida por radiografía o ultrasonido. inspección de acuerdo con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M, párrafos 10.8 a 10.13: Cuando se retira el refuerzo de soldadura: $R > 2$ in. (50 mm) $R \leq 2$ in. (50 mm) Cuando no se quita el refuerzo de soldadura: Cualquier radio					 (a) (b) (c) (d) (e)
	D	22×10^8	7 (48)	En la punta de la soldadura a lo largo del borde del material más delgado	
	E	11×10^8	4.5 (31)	En terminación de soldadura en radio pequeño	
	E	11×10^8	4.5 (31)	En la punta de la soldadura a lo largo del borde del material más delgado	

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

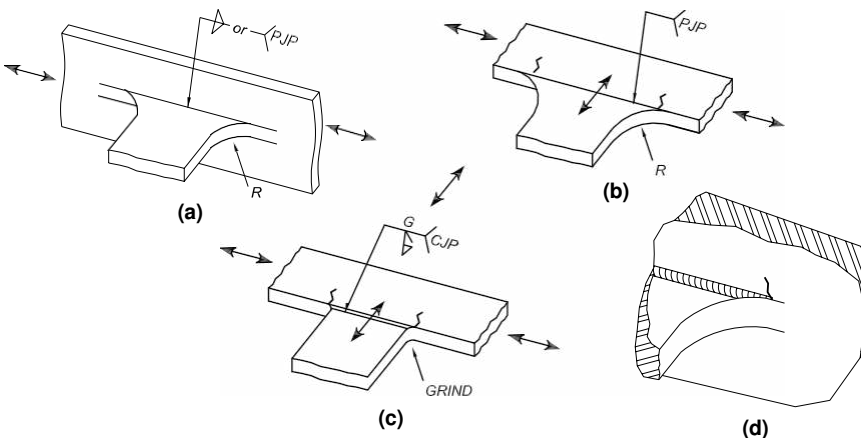
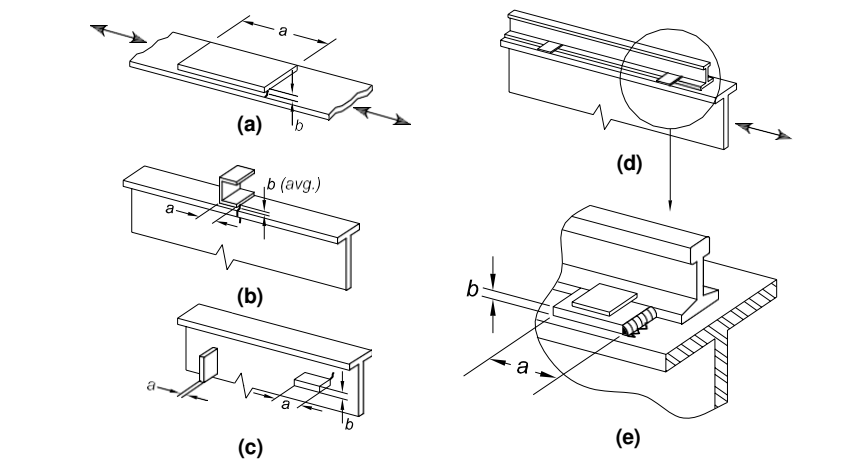
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 6 — Metal base en conexiones de miembros transversales soldados (continuación)					
6.4 Metal base sujeto a tensión longitudinal en miembros transversales, con o sin tensión transversal, unido por soldaduras de ranura de penetración parcial o de filete paralelas a la dirección de la tensión cuando el detalle incorpora un radio de transición, R, con terminación de soldadura esmerilada suave: $R > 2$ in. (50 mm) $R \leq 2$ in. (50 mm)	D E	22×10^8 11×10^8	7 (48) 4.5 (31)	Iniciación en el metal base en la terminación de la soldadura o en la punta de la soldadura que se extiende hacia el metal base	
Sección 7 — Metal base en conexiones cortas [Nota (1)]					
7.1 Metal base sujeto a carga longitudinal en detalles con soldaduras paralelas o transversales a la dirección de la tensión donde el detalle no presenta radio de transición y con longitud de detalle en la dirección de la tensión, a, y espesor de unión, b: $a < 2$ in. (50 mm) 2 in. (50 mm) $\leq a \leq$ menor de $12b$ o 4 in. (100 mm) $a > 4$ in. (100 mm) cuando $b > 0.8$ in. (20 mm) $a >$ menor de $12b$ or 4 in. (100 mm), cuando $b \leq 0.8$ in. (20 mm)	C D E E'	44×10^8 22×10^8 11×10^8 3.9×10^8	10 (69) 7 (48) 4.5 (31) 2.6 (18)	Iniciación en el metal base en la terminación de la soldadura o en la punta de la soldadura que se extiende hacia el metal base	

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

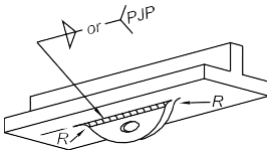
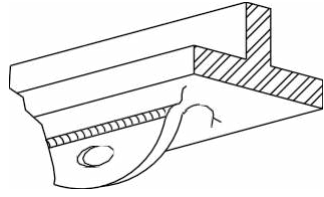
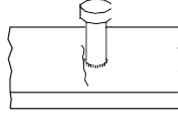
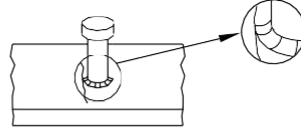
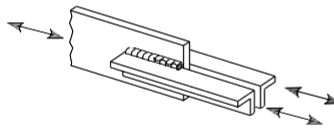
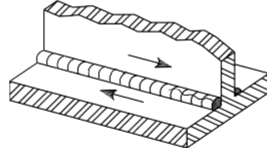
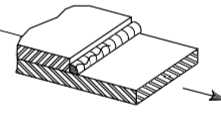
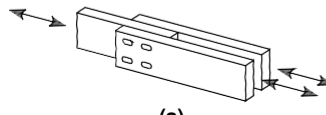
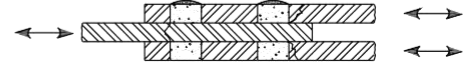
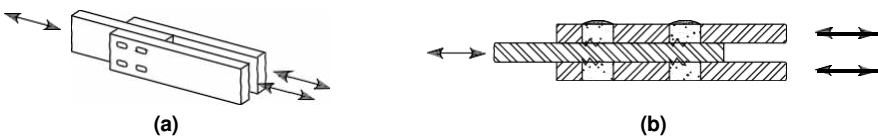
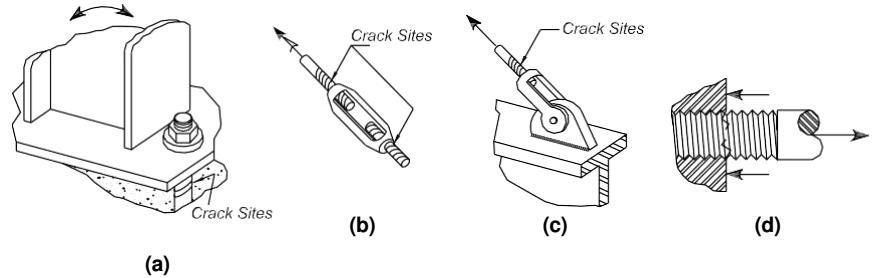
Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 7 — Metal base en conexiones cortas [Nota (1)] (Continuación)					
7.2 Metal base sujeto a esfuerzos longitudinales en detalles unidos por soldaduras de ranura de penetración parcial o de filete, con o sin carga transversal en el detalle, cuando el detalle incorpora un radio de transición, R, con terminación de soldadura esmerilada suave: $R > 2$ in. (50 mm) $R \leq 2$ in. (50 mm)				Iniciando en el metal base en la terminación de la soldadura, extendiéndose hacia el metal base	 (a)  (b)
	D	22×10^8	7 (48)		
	E	11×10^8	4.5 (31)		
Sección 8 — Varios					
8.1 Metal base en anclajes de espárragos con cabeza de acero fijados mediante filete o	C	44×10^8	10 (69)	En la punta de la soldadura en	 (a)  (b)
8.2 Cortante en la garganta de soldaduras de filete longitudinales o transversales continuas o	F	150×10^{10} [ec. (3-57)]	8 (55)	Comenzando en la raíz de la soldadura de filete, extendiéndose e dentro de la soldadura	 (a)  (b)  (c)
8.3 Metal base en soldaduras de tapón o ranura.	E	11×10^8	4.5 (31)	Iniciando en el metal base al final de la soldadura de tapón o ranura, extendiéndose	 (a)  (b)

Tabla 3-4.4-1 Parámetros de diseño de fatiga (continuación)

Descripción	Categoría de tensión	Constante, C_f	Umbral, F_{TH} , ksi (MPa)	Iniciación potencial del sitio de grietas	Ejemplos típicos ilustrativos
Sección 8 — Varios (Continuación)					
8.4 Corte en soldaduras de tapón o de ranura.	F	150×10^{10} [ec. (3-57)]	8 (55)	Iniciando en la soldadura en la superficie de contacto, extendiéndose dentro de la soldadura	
8.5 Pernos de alta resistencia bien apretados; pernos comunes; varillas de anclaje roscadas y varillas de suspensión con roscas cortadas, rectificadas o laminadas. Rango de tensión en el área de tensión de tracción debido a la carga viva más la acción de palanca cuando corresponda.	G	3.9×10^8	7 (48)	Comenzando en la raíz de los hilos, extendiéndose hacia el sujetador	

NOTA GENERAL: Adaptado de ANSI/AISC 360-10, Especificación para edificios de acero estructural, Tabla A-3.1, con permiso del Instituto Americano de Construcción en Acero.

NOTA: (1) *Fijación*, tal como se usa en este documento, se define como cualquier pieza de acero soldada a un elemento que, por su mera presencia e independientemente de su carga, provoca una discontinuidad en el flujo de tensión en el elemento y, por lo tanto, reduce la resistencia a la fatiga.

Capítulo 4

Diseño mecánico

4-1 GENERAL

4-1.1 Propósito

Este capítulo establece los criterios de diseño para los elementos de la máquina de un dispositivo de elevación debajo del gancho.

4-1.2 Relación con el Capítulo 3

Los componentes mecánicos del dispositivo de izaje que están sometidos a esfuerzo por la(s) fuerza(s) creada(s) durante el izaje o movimiento de la carga deben dimensionarse de acuerdo con este capítulo y el Capítulo 3 de esta Norma. Se seleccionará el diseño más conservador para su uso. Todos los demás componentes mecánicos deben diseñarse de acuerdo con los requisitos de este capítulo.

4-2 POLEAS

4-2.1 Material de la polea

Las poleas se fabricarán con el material especificado por el fabricante del dispositivo de elevación o por una persona calificada.

(20) 4-2.2 Poleas móviles

El diámetro de paso para las poleas en movimiento no debe ser inferior a 16 veces el diámetro nominal del cable utilizado o según lo recomendado por el fabricante del cable, lo que sea más conservador. Cuando las poleas del dispositivo de izaje se insertan en las poleas del polipasto, el diámetro de paso y la configuración del polipasto se deben considerar en el diseño.

(20) 4-2.3 Poleas Equalizadoras

El diámetro de paso de las poleas igualadoras no debe ser inferior a la mitad del diámetro de las poleas de funcionamiento para cable de alambre o sintético, ni inferior a 12 veces el diámetro del cable de acero cuando se utiliza un cable de acero de clase 6 × 37 o 15 veces el diámetro del cable de acero. diámetro cuando se usa cable de acero de clase 6 × 19 o según lo recomendado por el fabricante del cable, lo que sea más conservador.

4-2.4 Requisito del eje

Los conjuntos de poleas deberían diseñarse sobre la base de un eje extraíble.

4-2.5 Lubricación

Se proporcionarán medios para lubricar los cojinetes de las poleas.

4-2.6 Diseño de polea

(20)

Las ranuras de las poleas deben ser lisas y libres de irregularidades en la superficie que puedan dañar el cable. El radio de la ranura de una polea nueva debe ser un mínimo de un 6 % más grande que el radio del cable, como se muestra en la Figura 4-2.6-1. El radio de la sección transversal de la ranura debe formar una silla ajustada para el tamaño del cable utilizado, y los lados de las ranuras deben ahusarse hacia afuera para facilitar la entrada del cable en la ranura. Las esquinas de las bridas deben ser redondeadas y las llantas deben correr alrededor del eje de rotación.

4-2.7 Guarda de polea

(20)

Las poleas deben estar protegidas para evitar que el cable se atasque o se salga de la polea por descuido. La protección debe colocarse dentro de 1/8 pulg. (3 mm) de la polea, o a una distancia de 3/8 veces el diámetro del cable, el que sea menor, como se muestra en la Fig. 4-2.7-1. in [Figure 4-2.7-1](#).

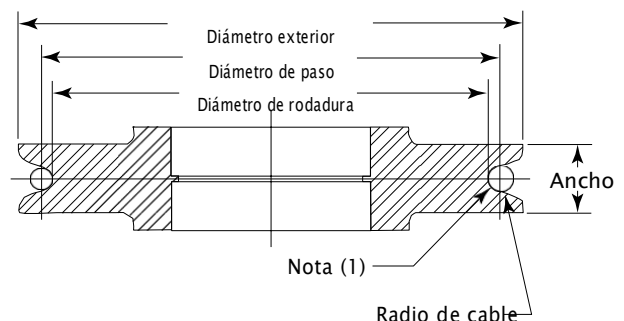
4-3 CABLE

(20)

4-3.1 Relación con otras normas

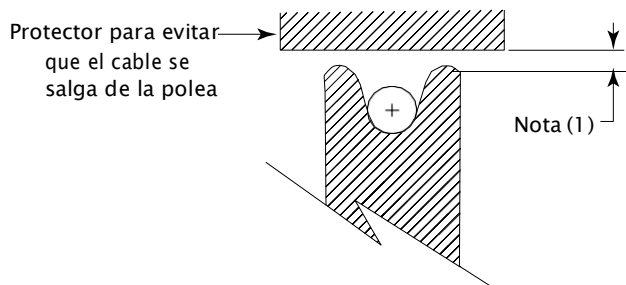
El cable enrollado a través del dispositivo de izaje y el polipasto deben cumplir con los requisitos del polipasto.

Figura 4-2.6-1 Dimensiones de la polea



NOTA: (1) Radio de la ranura = radio del cable × 1.06.

Figure 4-2.7-1 Espacio entre poleas



NOTA: (1) $\frac{1}{8}$ in. (3 mm) o una distancia de $\frac{3}{8}$ veces el diámetro del cable, cualquiera que sea menor.

4-3.2 Selección de cables

Las cuerdas de alambre o sintéticas deben ser de una construcción recomendada para el servicio de izaje. La persona calificada deberá considerar otros factores (es decir, el tipo de conexión final, la relación D/d, la fricción del soporte de la polea, etc.) que afectan la resistencia del cable para garantizar que se mantenga el factor de diseño de 5:1.

4-3.3 Medio ambiente

Las consideraciones para los efectos de las condiciones ambientales deben estar de acuerdo con ASME B30.30, Sección 30-1.6 para la selección de cables de acero y de acuerdo con ASME B30.30, Sección 30-2.6 para la selección de cables sintéticos.

4-3.4 Ángulo de ataque

El ángulo de ataque del cable para poleas debe limitarse a una pendiente de 1 en 12 (4 grados, 45 min).

4-3.5 Extremos de cables

Las terminaciones de los extremos de los cables de acero se deben unir de acuerdo con ASME B30.30, párr. 30-1.7.4, y las terminaciones de cuerda sintética se deben unir de acuerdo con ASME B30.30, párr. 30-2.7.4.

4-3.6 Clips de cables

Cuando se empleen, las grapas para cables deberán cumplir con los requisitos de ASME B30.26. No se deben usar clips para cable de acero para terminar el cable sintético a menos que lo apruebe el fabricante del cable o una persona calificada.

4-4 SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

4-4.1 Ajuste de la transmisión

Los sistemas de transmisión que contienen correas, cadenas u otros dispositivos de transmisión flexibles deben tener provisiones para el ajuste.

4-4.2 Diseño de accionamiento

El fabricante del dispositivo de elevación o la persona calificada deben especificar los componentes del sistema de transmisión, como acoplamientos, correas, poleas, cadenas, ruedas dentadas y embragues.

4-4.3 Componentes Comerciales

Los componentes comerciales utilizados en el sistema de accionamiento de un dispositivo de elevación deben dimensionarse de modo que la capacidad de carga máxima especificada por el fabricante no se exceda en las cargas del peor de los casos.

4-4.4 Lubricación

Se deben proporcionar medios para lubricar e inspeccionar los sistemas de transmisión.

4-4.5 Protección del operador

Los peligros de movimiento asociados con la operación de los componentes mecánicos de transmisión de potencia deben minimizarse mediante el diseño del equipo o la protección mediante un resguardo, dispositivo, distancia segura o ubicación segura.

Las protecciones de peligro de movimiento deberían

(a) evitar la entrada de manos, dedos u otras partes del cuerpo en un punto de peligro al llegar a través, por encima, por debajo o alrededor de la protección

(b) no crear peligros de movimiento adicionales entre el protector y la parte móvil

(c) use sujetadores que no sean fácilmente removibles por personas que no sean personas autorizadas

(d) no causará ningún peligro adicional, si se proporcionan aberturas para lubricación, ajuste o inspección

(e) reducir la probabilidad de lesiones personales debido a la rotura de componentes

(f) estar diseñado para soportar el peso de una persona de 200 lb (91 kg) sin deformación permanente, si se usa como un escalón

4-5 ENGRANAJES

4-5.1 Diseño de engranajes

El fabricante del dispositivo de elevación o una persona calificada debe especificar los tipos de engranajes.

4-5.2 Gear Material

Los engranajes y piñones deben estar fabricados de material que tenga la resistencia y durabilidad adecuadas para cumplir con los requisitos para la Clase de servicio prevista y fabricados con calidad AGMA clase 5 o superior.

4-5.3 Carga de engranajes

La carga de diente permitida en flexión, L_G , de engranajes rectos y helicoidales es

$$L_G = \frac{\sigma_v F Y}{N_d D_t} \quad (4-1)$$

Table 4-5.3-1 Factores de resistencia para calcular la capacidad de carga (formas de dientes estándar estadounidenses)

Numero de dientes	Factores de resistencia, Y, para uso con paso diametral		
	14½ grad Compuesto e Involuto	Sistema de espiral de profundidad completa de 20°	Sistema de involuta de dientes cortos de 20°
12	0.210	0.245	0.311
13	0.220	0.261	0.324
14	0.226	0.276	0.339
15	0.236	0.289	0.348
16	0.242	0.295	0.361
17	0.251	0.302	0.367
18	0.261	0.308	0.377
19	0.273	0.314	0.386
20	0.283	0.320	0.393
21	0.289	0.327	0.399
22	0.292	0.330	0.405
24	0.298	0.336	0.415
26	0.307	0.346	0.424
28	0.314	0.352	0.430
30	0.320	0.358	0.437
34	0.327	0.371	0.446
38	0.336	0.383	0.456
43	0.346	0.396	0.462
50	0.352	0.408	0.474
60	0.358	0.421	0.484
75	0.364	0.434	0.496
100	0.371	0.446	0.506
150	0.377	0.459	0.518
300	0.383	0.471	0.534
Estante	0.390	0.484	0.550

NOTA GENERAL: Los factores de resistencia anteriores se utilizan en fórmulas que contienen paso diametral. Estos factores son 3,1416 veces los que se utilizan en las fórmulas basadas en el paso circular.

donde

$$D_t = \text{paso diametral, pulg.}^{-1} (\text{mm}^{-1})$$

F = ancho de cara de engranaje más pequeño, pulg. (mm)

L_G = carga de dientes permitida en flexión, lb (N)

N_d = factor de diseño (según párrafo 3-1.3)

Y = Factor de forma de Lewis como se define en Tabla 4-5.3-1

σ_y = límite elástico mínimo especificado, psi (MPa)

(20) 4-5.4 Relación con otras normas

Como alternativa a la fórmula de Lewis en la ecuación (4-1), los engranajes rectos y helicoidales se pueden basar en ANSI/AGMA 2001-D04, Factores nominales fundamentales y métodos de cálculo para dientes de engranajes helicoidales y rectos involutos.

4-5.5 Engranajes cónicos y helicoidales

Los engranajes cónicos y helicoidales deben ser clasificados por el fabricante del engranaje con factores de servicio apropiados para la Clase de servicio especificada del dispositivo de elevación. Cuando el retroceso pueda ser un problema, se debe considerar seleccionar una relación de engranaje helicoidal para establecer el bloqueo.

4-5.6 Engranajes divididos

No se deben utilizar engranajes divididos.

4-5.7 Lubricación

Se deben proporcionar los medios para permitir la lubricación y la inspección de los engranajes.

4-5.8 Protección del operador

Los engranajes expuestos deben estar protegidos según el párr. 4-4.5 con provisiones de acceso para lubricación e inspección.

4-5.9 Reductores

Las cajas del reductor de engranajes deben

(a) ser hermético al aceite y sellado con compuesto o juntas

(b) tener un tapón de drenaje accesible

(c) tener un medio para comprobar el nivel de aceite

4-6 RODAMIENTOS

4-6.1 Diseño de rodamientos

El tipo de rodamientos debe ser especificado por el fabricante del dispositivo de izaje o persona calificada.

4-6.2 Vida útil del rodamiento L_{10}

La vida útil de los cojinetes L_{10} de elementos rodantes debe ser igual o superior a los valores dados en la Tabla 4-6.2-1 para el dispositivo de elevación Clase de servicio.

4-6.3 Cargas de rodamientos

La vida nominal básica, L_{10} , para un rodamiento radial viene dada por la ecuación (4-2)

$$L_{10} = \left(\frac{16,667}{N} \right) \left(\frac{C_r}{P_r} \right)^H \quad (4-2)$$

La clasificación de carga dinámica básica C_r para un rodamiento con vida útil L_{10} de la Tabla 4-6.2-1 está determinada por las ecuaciones (4-3) y (4-4).

Tabla 4-6.2-1 Vida útil de rodamiento L_{10}

Clase de servicio	L_{10} Vida útil, horas
0	2,500
1	10,000
2	20,000
3	30,000
4	40,000

$$C_r = \frac{P_r (L_{10} N)^{1/H}}{16,667^{1/H}} \quad (4-3)$$

$$P_r = X F_r + Y F_a \geq F_r \quad (4-4)$$

donde

C_r = capacidad de carga dinámica básica para soportar teóricamente un millón de revoluciones, por fabricante de rodamientos, lb (N)

F_a = componente axial de la carga real del rodamiento, lb (N)

F_r = componente radial de la carga real del rodamiento, lb (N)

H = 3 para rodamientos de bolas, 10/3 para rodamientos de rodillos

L_{10} = vida nominal básica excedida por el 90% de los rodamientos probados, hr

N = velocidad de rotación, rpm

P_r = carga radial dinámica equivalente, lb (N)

X = factor de carga radial dinámica por fabricante de rodamientos

Y = factor de carga axial dinámica por fabricante de rodamientos

4-6.4 Rodamientos de manguito y lisos

Los rodamientos lisos o de manguito no deben exceder los índices de presión y velocidad definidos por las ecuaciones (4-5) a (4-7). Se deben utilizar los valores de P , V y PV de los fabricantes.

$$P = \frac{W}{dL} \quad (4-5)$$

$$V = \frac{\pi N d}{c} \quad (4-6)$$

$$PV = \frac{\pi W N}{L c} \quad (4-7)$$

donde

c = 12 cuando se usan las unidades tradicionales de EE. UU

= 60 000 cuando se usan unidades SI

d = diámetro nominal del eje o diámetro interior del cojinete, pulg. (mm)

L = longitud del cojinete, pulg. (mm)

P = presión promedio, psi (MPa)

V = velocidad superficial del eje, ft/min (m/s)

W = carga de cojinete, lb (N)

4-6.5 Lubricación

Se deben proporcionar medios para lubricar los cojinetes.

La carcasa de rodamientos deben estar diseñados para excluir la suciedad y evitar fugas de aceite o grasa.

4-7 TRANSMISIÓN

4-7.1 Diseño del eje

Los ejes deben estar fabricados con un material que tenga la resistencia y durabilidad adecuadas para la aplicación. El diámetro del eje y el método de soporte deben ser especificados por el fabricante del dispositivo de elevación o por una persona calificada y cumplir con las condiciones de los párrs. 4-7.2 a 4-7.7.

4-7.2 Alineación de ejes

La alineación de los ejes con las cajas de engranajes, acoplamientos, cojinetes y otros componentes de transmisión debe cumplir o exceder las especificaciones del fabricante del componente.

4-7.3 Protección del operador

Los ejes expuestos deben estar protegidos según el párr. 4-4.5 con provisiones de acceso para lubricación e inspección.

4-7.4 Detalles del eje

Los ejes, las chavetas, los orificios, los ajustes a presión y los filetes deben diseñarse para las fuerzas encontradas en la operación real bajo la carga del peor de los casos.

4-7.5 Esfuerzo estático del eje

El tamaño nominal de la chaveta utilizada para transmitir el par a través de una interfaz eje/agujero se debe determinar a partir de las tablas 4-7.5-1 y 4-7.5-2 en

función del diámetro nominal del eje.

La tensión estática en un elemento del eje no debe exceder los siguientes valores:

(a) tensión axial o de flexión

$$S = S_a + S_b \leq 0.2S_u \quad (4-8)$$

donde

S = Esfuerzo axial/de flexión combinado calculado, ksi (MPa)

S_a = tensión axial calculada, ksi (MPa)

S_b = tensión de flexión calculada, ksi (MPa)

S_u = resistencia a la tracción mínima especificada, ksi (MPa)

(b) esfuerzo cortante

$$\tau = \tau_T + \tau_V \leq \frac{S_u}{5\sqrt{3}} = 0.1155S_u \quad (4-9)$$

Tabla 4-7.5-1 Tamaño de la llave frente al diámetro del eje (ASME B17.1)

Diámetro nominal del eje, pulg.		
Más de	Hasta	Tamaño de llave nominal, pulg.
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$
$3\frac{1}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$
$3\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{2}$	1
$4\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$
$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$

donde

τ = esfuerzo cortante combinado calculado, ksi (MPa)

τ_T = Esfuerzo cortante torsional calculado, ksi (MPa)

τ_V = Esfuerzo cortante transversal calculado, ksi (MPa)

(c) Los elementos de eje sujetos a esfuerzos combinados axiales/de flexión y de corte se deben dimensionar de tal manera que el esfuerzo combinado no exceda el siguiente valor:

$$S_c = \sqrt{S^2 + 3\tau^2} \leq 0.25S_u \quad (4-10)$$

donde

S_c = tensión combinada calculada, ksi (MPa)

Tabla 4-7.5-2 Tamaño de la llave frente al diámetro del eje (DIN 6885-1)

Diámetro nominal del eje, mm		
Más de	Hasta	Tamaño nominal de llave, mm
6	8	2 × 2
8	10	3 × 3
10	12	4 × 4
12	17	5 × 5
17	22	6 × 6
22	30	8 × 7
30	38	10 × 8
38	44	12 × 8
44	50	14 × 9
50	58	16 × 10
58	65	18 × 11
65	75	20 × 12
75	85	22 × 14

4-7.6 Fatiga del eje

Los ejes sujetos a esfuerzos fluctuantes, como la flexión en rotación o la torsión en transmisiones inversas, deben verificarse por fatiga. Esta verificación se suma a las verificaciones estáticas del párr. 4-7.5 y solo debe realizarse en puntos de dis-

continuidad geométrica donde existen concentraciones de tensión, como agujeros, filetes, llaves y ajustes a presión. Los factores de concentración de tensión geométrica apropiados para las discontinuidades deben ser determinados por el fabricante del dispositivo de elevación o una persona calificada a partir de una referencia como los *factores de concentración de tensión* de Peterson de W. D. Pilkey y D. F. Pilkey.

4-7.6.1 Factor de amplificación del estrés por fatiga. El factor de amplificación de la tensión de fatiga, K_A , basado en la Clase de servicio se seleccionará de la Tabla 4-7.6.1-1.

4-7.6.2 Límite de resistencia. El límite de resistencia a la flexión corregido, S_{ec} , para el material del eje es

$$S_{ec} = 0.55S_e = 0.25S_u \quad (4-11)$$

donde

S_e = límite de fatiga (resistencia) de una muestra pulida sin muescas en flexión inversa, ksi (MPa)

S_{ec} = límite de fatiga corregida (resistencia) del eje en flexión inversa, ksi (MPa)

4-7.6.3 Esfuerzo por fatiga. El esfuerzo de fatiga en un elemento del eje no debe exceder los siguientes valores:

(a) El esfuerzo de fatiga por flexión y/o axial directo no debe exceder

$$S_f = (K_{TD})S_t + (K_{TB})S_b \leq \frac{S_{ec}}{K_A} \quad (4-12)$$

donde

K_{TB} = factor de amplificación de tensiones por flexión

K_{TD} = factor de amplificación de tensión para tensión directa

S_f = tensión de fatiga calculada, ksi (MPa)

S_t = tensión de tracción axial calculada, ksi (MPa)

(b) El esfuerzo de fatiga cortante combinado no debe exceder

$$\tau_f = (K_{ST})\tau \leq \frac{S_{ec}}{K_A\sqrt{3}} \quad (4-13)$$

Tabla 4-7.6.1-1 Factores de amplificación del estrés por fatiga

Clase de servicio	Factor de amplif. del esfuerzo por fatiga, K_A
0	1.015
1	1.030
2	1.060
3	1.125
4	1.250

donde

K_{ST} = factor de amplificación de tensión para cortante torsional

τ_f = Esfuerzo cortante de fatiga combinado calculado, ksi (MPa)

(c) Los esfuerzos combinados de fatiga axial/de flexión y cortante donde todos fluctúan no deben exceder

$$S_f = \sqrt{(K_{TD}S_t + K_{TB}S_b)^2 + 3(K_{ST}\tau)^2} \leq \frac{S_{ec}}{K_A} \quad (4-14)$$

(d) Los esfuerzos de fatiga de tracción y de corte combinados donde solo una parte de los esfuerzos fluctúan no deben exceder

$$S_f = \sqrt{\left(S_{av}\frac{S_{ec}}{S_y} + K_{TS}S_R\right)^2 + 3\left(\tau_{av}\frac{S_{ec}}{S_y} + K_{ST}\tau_R\right)^2} \leq \frac{S_{ec}}{K_A} \quad (4-15)$$

donde

K_T = mayor entre KTD o KTB

S_{av} = parte de la tensión de tracción calculada que no se debe a cargas fluctuantes, ksi (MPa)

S_R = parte del esfuerzo de tracción calculado debido a cargas fluctuantes, ksi (MPa)

S_y = límite elástico mínimo especificado, ksi (MPa)

τ_{av} = parte del esfuerzo cortante calculado que no se debe a cargas fluctuantes, ksi (MPa)

τ_R = porción del esfuerzo cortante calculado debido a cargas fluctuantes, ksi (MPa)

4-7.7 Desplazamiento del eje

Los ejes deben estar dimensionados o soportados para limitar los desplazamientos bajo carga cuando sea necesario para el correcto funcionamiento de los mecanismos o para evitar el desgaste excesivo de los componentes.

4-8 SUJETADORES

4-8.1 Marcas de sujetadores

Todos los pernos, tuercas y tornillos de cabeza deberán tener las marcas de identificación de grado ASTM o SAE requeridas.

(20) 4-8.2 Selección de sujetadores

Los sujetadores para accionamientos de máquinas u otros componentes operativos críticos deben usar ASTM F3125 Grado A325; SAE grado 5; ASTM F3125 Grado A490; o SAE grado 8 pernos, tornillos de cabeza o equivalentes.

4-8.3 Esfuerzos del sujetador

El esfuerzo del perno no debe exceder los valores de esfuerzo permitido establecidos por las ecuaciones (3-40) a (3-43) y el párr. 3-4.5

4-8.4 Integridad del sujetador

Se deben usar contratueras, tuercas dobles, arandelas de seguridad, métodos químicos u otros medios determinados por el fabricante del dispositivo de elevación o una persona calificada para evitar que el sujetador se afloje debido a la vibración. Cualquier pérdida de resistencia en el sujetador causada por el método de bloqueo se debe tener en cuenta en el diseño.

4-8.5 Instalación de sujetadores

Los sujetadores deben instalarse mediante un método aceptado según lo determine el fabricante del dispositivo de elevación o una persona calificada.

4-8.6 Sujetadores no críticos

Los sujetadores para cubiertas, paneles, soportes u otros componentes no críticos deben ser seleccionados por el fabricante del dispositivo de elevación o una persona calificada para satisfacer las necesidades de la aplicación.

4-9 FUERZA DE SOPORTE DE AGARRE

4-9.1 Propósito

Esta sección establece los requisitos para la fuerza de soporte mínima para elevadores de presión (tipo fricción) y de tipo indentación. Factores tales como el tipo y la condición de las superficies de agarre, las condiciones ambientales, los coeficientes de fricción, las cargas dinámicas y la temperatura del producto pueden afectar la fuerza de soporte requerida y deben ser considerados durante el diseño por una persona calificada. Además, los elevadores, como las pinzas de barra y los agarres de bobina de eje vertical, tienen otras condiciones especiales de manejo de carga (p. ej., fuerza de apertura) que deben tenerse en cuenta.

4-9.2 Fuerza de soporte del levantador de muescas y agarre a presión

El coeficiente de fricción, estático o dinámico, según corresponda, debe ser determinado por una persona calificada a través de pruebas o de datos publicados. Las ilustraciones de la Figura 4-9.2-1 muestran algunas formas en que se pueden aplicar fuerzas de fricción.

$$F_S \geq 2.0 \times \text{Carga} \quad (4-16)$$

donde

F_H = fuerza mínima en cada lado de la carga, lb (N)

F_S = fuerza de apoyo total creada por el levantador, lb (N)

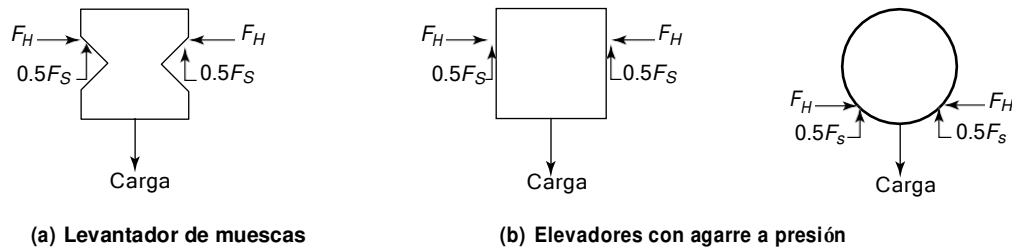
Carga = peso de la carga levantada, lb (N)

4-10 DISEÑO DE DISPOSITIVO DE ELEVACIÓN POR VACÍO

4-10.1 Capacidad de la ventosa

(20)

(a) La capacidad máxima de la almohadilla (UPC), lb (N), se debe determinar mediante la ecuación (4-17).

Figura 4-9.2-1 Ilustración de las fuerzas de sujeción y apoyo

$$UPC = AV_p \quad (4-17)$$

donde

A = área efectiva de la ventosa encerrada entre la ventosa y el material cuando la ventosa está totalmente comprimida contra la superficie del material que se va a levantar, in.² (mm²)

V_p = vacío mínimo especificado en la almohadilla, psi (MPa)

El valor de V_p debe considerar la altitud donde se utilizará el dispositivo de elevación.

(b) El UPC se debe reducir a una calificación máxima de ventosa (VPR).

$$VPR = UPC/N_v \quad (4-18)$$

donde

$$N_v = 2 + 2 \sin \theta$$

θ = ángulo de la superficie de contacto de la ventosa medida desde la horizontal, grados

El valor de N_v calculado en la ec. (4-18) es para superficies limpias, planas, secas y no porosas y se debe aumentar según sea necesario debido a las condiciones de la superficie de los materiales de interfaz según lo determine una persona calificada. Deben tenerse en cuenta condiciones como la temperatura de la superficie, la contaminación, las cargas de torsión y flexión de la ventosa y el rendimiento probado de la ventosa.

4-10.2 Conservación al vacío

El levantador de vacío debe incorporar un método para evitar que el nivel de vacío debajo de la(s) ventosa(s) disminuya más del 25 % (a partir del nivel de vacío nominal) en 5 min sin energía primaria y la(s) ventosa(s) conectada(s) a un lugar limpio y seco, y superficie no porosa a la carga nominal. Se deben tener en cuenta condiciones como la temperatura de la superficie, la contaminación, las cargas de torsión y flexión de la ventosa, el rendimiento probado de la ventosa y las condiciones de la superficie de los materiales de interfaz. La pérdida de energía no intencionada no debe desconectar la(s) almohadilla(s) del método de conservación de vacío.

4-10.3 Indicador de vacío

Un indicador de vacío debe ser visible para el operador del elevador durante el uso y debe continuar funcionando durante una pérdida de energía no intencional. Deberá indicar la presencia del vacío mínimo requerido para la carga nominal del dispositivo de elevación por vacío.

4-10.4 Operación no intencionada

Una persona calificada debe elegir la ubicación y la protección de los dispositivos operativos que se utilizan para liberar una carga de un levantador a fin de inhibir la operación no intencional del levantador.

4-11 SISTEMAS DE POTENCIA DE FLUIDOS

4-11.1 Propósito

Esta sección identifica los requisitos de los sistemas y componentes de energía hidráulica para dispositivos de izaje debajo del gancho.

4-11.2 Componentes de energía de fluidos

(a) El fabricante del dispositivo de elevación o la persona calificada deben especificar los componentes del sistema, como cilindros, bombas, válvulas, tuberías, mangueras y tubos. Los sistemas de energía hidráulica deben diseñarse de modo que la pérdida de la(s) fuente(s) de energía del elevador, la pérdida de líquido o la falla del sistema de control no resulten en un movimiento incontrolado de la carga.

(b) Cada componente de potencia de fluido hidráulico se seleccionará según la capacidad nominal del fabricante y la presión máxima aplicada a ese componente del sistema, siempre que la capacidad nominal se base en un factor de diseño igual o superior a 1,67 Nd.

(c) Cada componente de potencia de fluido neumático se seleccionará en función de la presión máxima aplicada a ese componente del sistema y una clasificación igual a la clasificación del fabricante dividida por 0,50 Nd. Alternativamente, los componentes de potencia de fluidos neumáticos pueden seleccionarse de acuerdo con (b) anterior.

(d) Los componentes cuya falla no resulte en un movimiento descontrolado de la carga pueden seleccionarse según la clasificación del fabricante.

4-11.3 Fuente de alimentación/suministro

Cuando el elevador utilice una fuente de energía hidráulica externa que no forme parte del elevador debajo del gancho, los requisitos de suministro, que incluirán la suma máxima de todos los componentes de energía hidráulica posibles de accionar al mismo tiempo, se detallarán en las especificaciones.

4-11.4 Indicación de presión de fluido

Si un cambio en la presión del fluido pudiera resultar en un movimiento incontrolado de la carga, se debe proporcionar un indicador que permita al operador del elevador verificar que la presión del fluido sea suficiente durante todas las etapas del uso del elevador. Pueden ser necesarios indicadores adicionales para permitir el monitoreo de varios sistemas. Los indicadores de presión del fluido, si se proporcionan, deben ser claramente visibles o audibles.

4-11. Control de presión de fluido

El sistema de energía fluida debe estar equipado con un medio para liberar la energía almacenada y verificar que el sistema esté en un estado de energía cero. El fluido hidráulico no debe descargarse a la atmósfera.

El sistema debe estar diseñado para proteger contra presiones que excedan la clasificación del sistema o cualquier componente.

4-11.6 Protección del sistema

Los tubos, tuberías, componentes e indicadores de alimentación de fluidos deben ubicarse o protegerse para resistir los daños resultantes de la colisión con otros objetos y los latigazos en caso de falla.

Capítulo 5

Diseño eléctrico

(20)

5-1 GENERAL

(20) 5-1.1 Propósito

Este capítulo establece los criterios de diseño para los componentes eléctricos de un dispositivo de izaje debajo del gancho.

5-1.2 Relación con otras normas

Los componentes del equipo eléctrico utilizados para operar un dispositivo de elevación debajo del gancho deben cumplir con las secciones correspondientes de ANSI/NFPA 70, Código Eléctrico Nacional.

5-1.3 Requisitos de energía

El suministro de energía eléctrica y los requisitos de energía de control para operar un dispositivo de elevación deben detallarse en las especificaciones. Los requisitos de suministro incluirán el consumo máximo de amperaje a plena carga en función de las condiciones de funcionamiento que crearán la mayor demanda en el sistema.

5-2 MOTORES Y FRENOS ELÉCTRICOS

5-2.1 Motores

Los motores de servicio continuo deben usarse cuando se requiere la función del motor para levantar o sostener la carga. Los motores utilizados para otras funciones pueden ser de servicio intermitente, siempre que puedan cumplir con el ciclo de trabajo requerido del levantador sin sobrecalentarse. Los motores deben tener características de torque adecuadas para la aplicación del dispositivo de elevación y ser capaces de operar a la velocidad, carga y número de arranques especificados.

5-2.2 Dimensionamiento de motores

Los motores deben tener un tamaño tal que el par motor nominal no se exceda dentro del rango de trabajo especificado y/o la carga nominal del dispositivo de izaje.

5-2.3 Aumento de la temperatura

El aumento de temperatura en los motores debe estar de acuerdo con NEMA MG 1 para la clase de aislamiento y envolvente utilizada. A menos que se especifique lo contrario, el fabricante del dispositivo de elevación asumirá una temperatura ambiente de 104 °F (40 °C).

5-2.4 Aislamiento

La clasificación mínima de aislamiento de motores y frenos debe ser Clase B.

5-2.5 Frenos

Deben instalarse frenos eléctricos siempre que la carga levantada pueda hacer que los engranajes retrocedan y permitan el movimiento no intencionado de la carga. Los frenos serán del tipo de resorte de liberación eléctrica. El par de frenado deberá contener un mínimo del 150 % del par nominal del motor o del 150 % del par de retroceso, el que sea mayor.

5-2.6 Valor nominal de voltaje

El voltaje de la placa de identificación del motor y del freno debe estar de acuerdo con NEMA MG 1 para la fuente de alimentación especificada. El instalador/usuario debe asegurarse de que el voltaje entregado a las terminales del dispositivo de elevación esté dentro de la tolerancia establecida por NEMA.

5-3 INTERFAZ DEL OPERADOR

5-3.1 Ubicación de la interfaz del operador

Una persona calificada debe elegir una ubicación para la interfaz del operador a fin de producir un dispositivo de elevación eléctrico seguro y funcional. Las especificaciones del dispositivo de elevación deben indicar la ubicación de la interfaz del operador elegida por una persona calificada de las siguientes opciones:

- (a) pulsadores o palanca unidos al elevador
- (b) botones pulsadores de la estación colgante unidos al elevador
- (c) botones pulsadores de estación colgante conectados al polipasto o grúa
- (d) pulsadores o interruptores maestros ubicados en la cabina de la grúa
- (e) control de radio portátil o transmisor de infrarrojos
- (f) sistema de control automatizado

5-3.2 Operación no intencionada

Una persona calificada debe elegir la ubicación y la protección de los botones pulsadores, interruptores maestros u otros dispositivos operativos que se usan para abrir, dejar caer o liberar una carga de un elevador. Para inhibir la operación involuntaria del elevador, se debe considerar una de las siguientes opciones:

(a) Use dos botones en serie espaciados de manera que requieran operación con dos manos para abrir, dejar caer o liberar una carga de un elevador.

(b) Use uno o más interruptores de límite y/o sensores para confirmar que una carga está levantada o suspendida, en serie con el botón pulsador de apertura, caída o liberación, para inhibir el movimiento de apertura, caída o liberación mientras se levanta la carga.

(c) Utilice una protección mecánica o una cubierta sobre el dispositivo de actuación que requiera dos operaciones específicas para activar el dispositivo.

5-3.3 Palancas de operación

Los interruptores principales operados desde la cabina deben ser del tipo de retorno por resorte a la posición neutra (apagado), excepto que los de electroimán o control de vacío deben ser del tipo mantenido.

5-3.4 Circuitos de control

El voltaje del circuito de control de cualquier elevador no debe exceder los 150 volts de CA o los 300 volts de CC.

5-3.5 Tipo de botón pulsador

Los botones pulsadores y las palancas de control deben volver a la posición "apagado" cuando el operador libera la presión, a excepción del control de vacío o electroimán, que debe mantenerse tipo.

5-3.6 Marcas de botón pulsador

Cada botón pulsador, palanca de control e interruptor principal deben estar claramente marcados con placas de leyenda apropiadas que describan el movimiento resultante o la función del levantador.

5-3.7 Protección de sensores

Los interruptores de límite, sensores y otros dispositivos de control, si se usan, deben estar ubicados, resguardados y protegidos para inhibir la operación inadvertida y el daño resultante de la colisión con otros objetos.

5-3.8 Indicadores

Se deben proporcionar luces indicadoras o de señal para indicar si la energía está "encendida" o "apagada". Si se proporcionan, las luces deben ubicarse de manera que sean visibles para el operador del elevador. Se pueden proporcionar varias bombillas para evitar confusiones debido a una bombilla quemada.

5-4 CONTROLADORES Y EQUIPOS AUXILIARES

5-4.1 Consideraciones de control

Esta sección cubre los requisitos para seleccionar y controlar la dirección, velocidad, aceleración y parada de los motores de los dispositivos de elevación. Otros requisitos de control, como interruptores de límite, interruptores maestros y botones pulsadores, se tratan en la sección 5-3.

5-4.2 Ubicación de control

Los controles montados en el dispositivo de elevación deben estar ubicados, protegidos y diseñados para el entorno y los impactos esperados.

5-4.3 Selección de control

Una persona calificada designada por el fabricante y/o propietario, comprador o usuario de un dispositivo accionado por motor deberá determinar el tipo y tamaño de control que se usará con el levantador para una operación adecuada y segura. Los sistemas de control pueden ser manuales, magnéticos, estáticos, inverter (frecuencia variable), eléctricos/electrónicos o combinados.

5-4.4 Contactores de control magnético

Los sistemas de control que utilicen contactores magnéticos deberán tener el tamaño y la cantidad suficientes para arrancar, acelerar, invertir y detener el elevador. Los contactores clasificados por NEMA deben dimensionarse de acuerdo con NEMA ICS 2. Los contactores de propósito definido específicamente clasificados para servicio de grúa y montacargas o contactores IEC pueden usarse para Clase de servicio 0, 1 y 2, siempre que la aplicación no exceda la clasificación publicada por el fabricante del contactor. Los contactores inversores deben estar enclavados.

5-4.5 Controles estáticos e inversores

Los sistemas de control que utilicen conjuntos estáticos o inversores se dimensionarán teniendo en cuenta el motor, la clasificación, los requisitos del variador, la clase de servicio, el ciclo de trabajo y la aplicación en el control. Si se incluyen contactores magnéticos dentro del conjunto estático, se deben clasificar de acuerdo con el párr. 5-4.4.

5-4.6 Controladores de imán de elevación

(a) Se deben tomar medidas para mantener el interruptor de control en la posición según el párr. 5-3.2 para protegerlo de una operación no deseada.

(b) La pérdida de la señal de control de la grúa o del imán no deberá resultar en la desenergización del imán de elevación.

(c) Todos los controladores de imanes de elevación deben tener indicadores de voltaje y amperaje.

5-4.7 Rectificadores

Los elevadores alimentados con corriente continua pueden incorporar un puente rectificador monofásico de onda completa para circuitos lógicos de diodos para reducir la cantidad de conductores necesarios entre el elevador y el control. El rectificador será del tipo selenio o silicio, dimensionado para soportar la corriente de parada del motor. Los rectificadores de tipo silicio deben emplear supresores de transitorios para proteger el rectificador de picos de tensión.

5-4.8 Cajas eléctricas

Los paneles de control deben estar cerrados y ser adecuados para el entorno y el tipo de controles. Los tipos de gabinetes deben estar de acuerdo con las clasificaciones NEMA ICS 6.

5-4.9 Protección contra sobrecorriente del circuito derivado

Los sistemas de control para elevadores accionados por motor deben incluir protección contra sobrecorriente del circuito ramal como se especifica en ANSI/NFPA 70. Estos dispositivos pueden ser parte del equipo de izaje del cual se suspende el elevador, o pueden incorporarse como parte del dispositivo de izaje.

5-4.10 Protección del sistema

Los componentes eléctricos deben estar resguardados o ubicados de manera que personas u objetos no puedan entrar en contacto accidentalmente con componentes energizados en condiciones normales de operación.

5-5 PUESTA A TIERRA

5-5.1 General

Los dispositivos de elevación operados eléctricamente deben estar conectados a tierra de acuerdo con ANSI/NFPA 70.

5-5.2 Método de puesta a tierra

Se deben tomar consideraciones especiales de diseño para elevadores con equipo electrónico. Es posible que sea necesario considerar cableado, blindaje, filtros y conexión a tierra especiales para tener en cuenta los efectos de la interferencia electromagnética (EMI), la interferencia de radiofrecuencia (RFI) y otras formas de emisiones.

5-6 DESCONEXIONES DE ENERGÍA

5-6.1 Desconexión para elevador motorizado

Los sistemas de control para elevadores accionados por motor deben incluir un interruptor de desconexión de energía como se especifica en ANSI/NFPA 70. Este dispositivo puede ser parte del equipo de elevación del cual se suspende el elevador, o puede incorporarse como parte del dispositivo de elevación.

5-6.2 Desconexión para elevador por vacío

(a) El equipo de izaje que utilice un levantador de ventosas alimentado externamente debe tener un interruptor de circuito separado del levantador de ventosas del tipo cerrado y debe poder bloquearse en la posición abierta (apagado). La provisión para bloquear o agregar un bloqueo a los medios de desconexión debe instalarse en o en el interruptor o disyuntor utilizado como medio de desconexión y debe permanecer en su lugar con

o sin el bloqueo instalado. No se permitirán medios portátiles para agregar un candado al interruptor o disyuntor.

(b) El interruptor de desconexión del levantador de vacío, cuando lo requiera ANSI/NFPA 70, debe conectarse en el lado de la línea (lado de la fuente de alimentación) del interruptor de desconexión del equipo de elevación.

(c) No se requieren desconexiones en levantadores de vacío alimentados externamente que funcionan con una fuente de alimentación monofásica de 120 V CA.

5-6.3 Desconexión para imán

(a) El equipo de elevación con un electroimán alimentado externamente debe tener un interruptor de circuito de imán separado del tipo cerrado y debe poder bloquearse en la posición abierta (apagado). La provisión para bloquear o agregar un bloqueo a los medios de desconexión debe instalarse en o en el interruptor o disyuntor utilizado como medio de desconexión y debe permanecer en su lugar con o sin el bloqueo instalado. No se permitirán medios portátiles para agregar un candado al interruptor o disyuntor. Se proporcionarán medios para descargar la energía inductiva del imán.

(b) El interruptor de desconexión del elevador magnético, cuando lo requiera ANSI/NFPA 70, debe conectarse en el lado de la línea (lado de la fuente de alimentación) del interruptor de desconexión del equipo de elevación. La energía suministrada a los imanes de elevación desde los generadores de CC se puede desconectar desactivando la fuente de alimentación externa conectada al generador, o proporcionando un interruptor de circuito que desconecte la energía de excitación al generador y elimine toda la energía al imán de elevación.

(c) No se requieren desconexiones en electroimanes alimentados externamente que funcionan con una fuente de alimentación monofásica de 120 V CA.

5-7 BATERÍAS

5-7.1 Indicador de estado de la batería

Los elevadores o imanes de elevación que funcionan con batería deben contener un dispositivo que indique las condiciones existentes de la batería.

5-7.2 Resguardos

Los resguardos de las baterías o las carcasas de las baterías de celda húmeda deben ventilarse para evitar la acumulación de gases.

5-7.3 Alarma de batería

Los sistemas de batería de respaldo deben tener una señal audible o visible para advertir al operador del elevador cuando la(s) batería(s) de respaldo está suministrando energía primaria.

Capítulo 6

Diseño de imán de izaje

6-1 PROPÓSITO

Este capítulo establece los requisitos para las características de desempeño de los imanes para manejo de materiales. Consulte los Capítulos 3, 4 y 5 para conocer los requisitos de diseño estructural, mecánico y eléctrico, respectivamente.

NOTA: Los cálculos para el diseño de imanes se realizan comúnmente en unidades SI (m, kg, s). Por lo tanto, las ecuaciones de este capítulo se presentan en unidades SI.

6-2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

6-2.1 General

El diseño de un imán para el manejo de materiales debe tener en cuenta las capacidades de inducción magnética de los componentes del imán, así como la aplicación para la que está diseñado el imán.

El imán debe estar diseñado con la capacidad de generar una fuerza de elevación que cumpla o supere los requisitos de seguridad establecidos en ASME B30.20 para una aplicación determinada.

(a) Los imanes de elevación deben diseñarse con un mínimo de Categoría de diseño B (criterio de resistencia estática) y la Clase de servicio adecuada (criterio de vida a fatiga) seleccionada para el número de ciclos de carga.

(b) Los dispositivos de suspensión de imanes de elevación deben cumplir con las recomendaciones del fabricante del imán de elevación. Si alguno de estos dispositivos de suspensión se utiliza durante la prueba de ruptura y no están clasificados para la fuerza máxima de ruptura del imán de elevación, deben ser removibles para la prueba de carga según lo requiere ASME B30.20.

6-2.2 Aplicación y perfil ambiental

Al seleccionar un imán adecuado para una aplicación particular, el diseñador del imán debe considerar como mínimo los siguientes elementos:

- (a) carga nominal
- (b) tamaño, forma y grosor de la carga
- (c) temperatura de carga
- (d) tipo de carga [paquetes, placa única/múltiple, formas estructurales, bobina (ojo vertical/horizontal), tubo/tubería, capas, losa, palanquilla, varillas de refuerzo, municiones, chatarra, etc.]
- (e) espacio de aire esperado
- (f) ciclo de trabajo del imán cuando corresponda
- (g) composición del material de carga

(h) entorno operativo (interior/exterior, gravedad de la exposición ambiental, rango de temperatura ambiente, cualquier situación existente que pueda afectar el diseño o el funcionamiento del imán, como radiación, EMI y la presencia de vapores cáusticos y productos químicos)

6-3 SELECCIÓN Y DISEÑO

6-3.1 Componentes

Como mínimo, un imán de elevación debe constar de los siguientes componentes:

- (a) área efectiva de contacto del imán
- (b) fuente de flujo
- (c) camino del flujo
- (d) mecanismo de liberación

6-3.2 Circuito Magnético

La selección de componentes debe considerarse con respecto a su efecto sobre el circuito magnético tanto en la condición de "conexión" como en la condición de "liberación".

El circuito magnético consta de tres componentes: la fuente de flujo, la trayectoria del flujo y el área efectiva de contacto del imán. En la condición de "conexión", la ruta de flujo incluirá la carga.

Al analizar el circuito magnético utilizando las técnicas siguientes, debe tenerse en cuenta que, con frecuencia, un imán elevador consta de varios circuitos magnéticos.

6-3.3 Área de contacto efectiva del imán

El área efectiva de contacto del imán combinada con las capacidades de inducción magnética generará suficiente fuerza para lograr el factor de diseño requerido con respecto a la carga nominal.

El área requerida se puede determinar usando la ec. (6-1).

$$A_m = \frac{F}{CB_m^2} \quad (6-1)$$

donde

A_m = área efectiva de contacto del imán, m²

B_m = densidad de flujo, T

C = 400 000 A/T-m

F = fuerza resultante, N

El área efectiva de contacto del imán debe consistir en una cantidad equilibrada de área del polo norte y área del polo sur.

El número de postes y el tamaño, forma y diseño de los postes deben tener en cuenta las características de carga y los elementos descritos en el párr. 6-2.2.

El diseñador debe determinar la densidad de flujo adecuada, B_m , para la aplicación a fin de determinar el área de contacto efectiva del imán requerida, A_m . Al combinar estos dos componentes, el flujo total, ϕ_m , requerido para la aplicación se puede determinar usando la ecuación. (6-2).

$$\phi_m = B_m A_m \quad (6-2)$$

donde

ϕ_m = flujo total requerido para la aplicación, Wb

6-3.4 Fuente de flujo

6-3.4.1 General. La cantidad total de flujo proporcionado por la fuente de flujo no debe ser menor que el valor determinado en eq. (6-2). Las ecuaciones (6-5) y (6-6) dan el flujo total proporcionado por una fuente de flujo de electroimán y una fuente de flujo de imán permanente, respectivamente.

La fuente del flujo (imán permanente o electroimán) debe tener una fuerza magnetomotriz, F_m , que sea suficiente para generar suficiente fuerza en el área de contacto del imán efectivo para lograr el factor de diseño requerido con respecto a la carga nominal.

La fuerza magnetomotriz se puede calcular usando la ecuación (6-3) para un electroimán o la ecuación (6-4) para un imán permanente.

$$F_m = NI \quad (6-3)$$

$$F_m = H_c L \quad (6-4)$$

donde

F_m = fuerza magnetomotriz del circuito magnético, A
 H_c = coercitividad del material de imán permanente, A/m
 I = corriente en el cable de la bobina, A
 L = longitud magnética, m
 N = número de vueltas en la bobina

6-3.4.2 Fuente de flujo de electroimán. Un electroimán utiliza una bobina de energía constantemente energizada como fuente de flujo. El núcleo del electroimán de la bobina de potencia debe ser de un material con una permeabilidad cercana a la del hierro puro y debe tener un área de sección transversal que sea suficiente para proporcionar el flujo total, ϕ_m , requerido por la ec. (6-2).

La bobina de alimentación debe ser de un metal no magnético que sea un buen conductor eléctrico, como el cobre o el aluminio. El conductor debe estar eléctricamente aislado y el aislamiento debe tolerar la temperatura de funcionamiento prevista del imán de elevación. El diseño de la(s) bobina(s) de un electroimán deberá generar y mantener una fuerza de campo magnético, H , suficiente para proporcionar el flujo total requerido por la aplicación.

Para determinar la densidad de flujo, B_m , del núcleo del electroimán, consulte la curva de magnetización del material y determine el valor de densidad de flujo que corresponde a la intensidad del campo magnético, H , ejercido por la bobina de potencia. El flujo total proporcionado por la fuente de flujo del electroimán se puede calcular usando la ecuación (6-5).

$$\phi_e = B_e A_e \quad (6-5)$$

donde

A_e = área de la sección transversal del núcleo del electroimán, m²

B_e = densidad de flujo del núcleo del electroimán, T

ϕ_e = flujo de la fuente de flujo del electroimán, Wb

6-3.4.3 Fuente de flujo de imán permanente

6-3.4.3.1 General. Un imán de elevación permanente utiliza imanes permanentes como fuente de flujo. Hay dos tipos de imanes de elevación permanentes: controlados manualmente y controlados eléctricamente (electropermanentes).

6-3.4.3.2 Imán permanente controlado manualmente. Un imán de elevación permanente controlado manualmente utiliza material de imán permanente como fuente de flujo (p. ej., NdFeB). La orientación y la posición del material del imán permanente dentro del imán de elevación determinan el estado (es decir, "conectar" o "liberar") del imán de elevación y se controlan mediante medios mecánicos.

6-3.4.3.3 Imán permanente electrocontrolado.

Un imán de izaje permanente controlado eléctricamente utiliza material de imán permanente como flujo fuente (por ejemplo, AlNiCo). El material del imán permanente está rodeado por una bobina de potencia, y la bobina de potencia se utiliza para manipular las características magnéticas del núcleo del imán electropermanente. En muchos casos, se utiliza un segundo material de imán permanente (p. ej., NdFeB) en

combinación con el primero. En este caso, el flujo total proporcionado por la fuente de flujo será la suma del flujo de los dos materiales de imán permanente.

La(s) bobina(s) de potencia de un imán permanente controlado eléctricamente debe(n) rodear el(los) núcleo(s) del imán electropermanente. Debe ser de un material no magnético que sea un buen conductor eléctrico, como el cobre o el aluminio. El conductor debe estar eléctricamente aislado y el aislamiento debe tolerar la temperatura de funcionamiento prevista del imán de elevación. La bobina de potencia deberá generar un campo magnético, H , que sea suficiente para llevar el núcleo del imán electropermanente a la saturación.

6-3.4.3.4 Flujo de imán permanente. El flujo total proporcionado por una fuente de flujo de imán permanente se puede calcular usando la ecuación (6-6).

$$\phi_p = B_r A_p \quad (6-6)$$

donde

A_p = superficie polar del imán permanente, m²

B_r = inducción magnética residual de imán permanente, T

ϕ_p = flujo de fuente de flujo de imán permanente, Wb

6-3.4.3.5 Material de imán permanente. El material del imán permanente deberá ser capaz de proporcionar y mantener la fuerza magnetomotriz requerida a través de todo el espectro

de temperatura de funcionamiento de la carga y del imán.

Las características de los materiales del imán se deben

considerar durante el diseño. Debe prestarse atención a las características térmicas, así como a las características magnéticas, incluidas las siguientes:

(a) inducción residual, B_r (inducción magnética que queda en un material magnético saturado después de que el campo magnético se haya reducido a cero)

(b) fuerza coercitiva, H_c (fuerza de desmagnetización requerida para reducir la inducción residual, B_r , a cero)

(c) fuerza coercitiva intrínseca, H_{ci} (capacidad del material del imán para resistir la desmagnetización)

(d) producto de máxima energía, BH_{max} (energía externa

producida por imán)

Esta información debe obtenerse de la curva de histéresis del material en particular.

Los materiales de imanes permanentes no deben emplear-

se como componente estructural en ningún dispositivo.

6-3.5 Ruta de flujo

La ruta del flujo se debe diseñar de tal manera que la permeabilidad, la longitud y el área de la sección transversal proporcionen suficiente flujo para cumplir con los requisitos de la aplicación. Al seleccionar un material para la trayectoria del flujo, el diseñador del imán debe evaluar las características del material y seleccionar los que posean las características apropiadas. Estos incluyen, entre otros, la permeabilidad magnética, el límite elástico y la resistencia a la tracción, y la retención de las propiedades físicas a las temperaturas de funcionamiento previstas.

Las características magnéticas deben obtenerse de las curvas de histéresis magnética de los materiales que se están considerando.

La reluctancia se puede relacionar con la permeabilidad del material mediante la ecuación. (6-7).

$$R = \frac{l}{\mu A} \quad (6-7)$$

donde

A = área de la sección transversal del circuito magnético o segmento del circuito, m^2

l = longitud del circuito magnético o segmento del circuito, m

R = reluctancia del circuito magnético, A/Wb

μ = permeabilidad del material, H/m

Al analizar la trayectoria del flujo en su totalidad, debe dividirse en secciones de permeabilidad constante y área de sección transversal, donde la reluctancia total del circuito magnético es la suma de las secciones individuales, como se muestra en la ecuación (6-8)

NOTA: Una sección del circuito incluirá la carga en la condición de "conectar".

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (6-8)$$

donde

R_n = reluctancia de una sección individual del circuito magnético, A/Wb

R_{tot} = reluctancia total del circuito magnético, A/Wb

La reluctancia de todas las secciones de la trayectoria del flujo debe ser tal que permita que el flujo total requerido para la aplicación viaje desde la fuente de flujo hasta el área efectiva de contacto del imán. Utilice la ec. (6-9) para determinar el flujo total disponible para el circuito magnético. El flujo total disponible para el circuito magnético debe ser mayor o igual al flujo total requerido para la aplicación.

$$\phi_c = \frac{F_m}{R_{tot}} \quad (6-9)$$

donde

ϕ_c = flujo disponible para el circuito magnético, Wb

6-3.6 Mecanismo de liberación

Se debe proporcionar un medio para sujetar y soltar un imán de elevación de una carga. El mango de control de un imán permanente controlado manualmente debe incluir un dispositivo que sostenga el mango en las posiciones de "conexión" y "liberación" para evitar cambios involuntarios.

6-3.7 Compuesto de encapsulación

El compuesto de encapsulación protegerá las bobinas y el material del imán permanente de los efectos de los golpes mecánicos, la humedad y el calor generado interna y externamente que puede surgir durante el funcionamiento normal del imán de manejo de materiales. Se debe tener en cuenta características tales como clasificación de temperatura, conductividad térmica y expansión, choque térmico, constante dieléctrica, rigidez dieléctrica, resistividad volumétrica, viscosidad y dureza.

6-3.8 Sistemas de imanes múltiples

Seleccione la cantidad adecuada de imanes necesarios para levantar la carga y mantener la orientación y el soporte deseados de la carga. Esta evaluación se basa en las características de deflexión de la carga, el tipo de carga, la carga nominal de cada imán, el espacio entre imanes y el entrehierro real.

6-3.9 Consideraciones ambientales

En los casos en que las temperaturas de funcionamiento de la carga y del imán sean extremas, se debe proporcionar un medio para monitorear la temperatura del imán dentro del control del

imán para informar al operador del elevador de una condición de sobrecalentamiento que puede resultar en una fuerza de elevación reducida.

En los casos en que la carga y el imán estén sujetos a niveles variables de humedad, se deben tomar precauciones adicionales para proteger contra la conexión a tierra eléctrica.

APÉNDICE NO OBLIGATORIO A

COMENTARIO PARA EL CAPÍTULO: ALCANCE, DEFINICIONES, Y REFERENCIAS¹

(20) A-1 POPÓSITO

Esta Norma ha sido desarrollada en respuesta a la necesidad de aclarar la intención de ASME B30.20 con respecto al diseño estructural de los dispositivos de izaje debajo del gancho. Desde que se publicó la primera edición de ASME B30.20 en 1986 (ASME B30.20-1985), los usuarios han solicitado interpretaciones de los requisitos de construcción (diseño estructural) establecidos allí. El nivel de detalle requerido para proporcionar respuestas adecuadas a las preguntas enviadas se extiende más allá de lo que puede ser cubierto por las interpretaciones de un estándar de seguridad B30.

A-2 ALCANCE

ASME BTH-1 aborda solo los requisitos de diseño. Como tal, esta norma debe usarse junto con ASME B30.20, que aborda los requisitos de seguridad. ASME BTH-1 no reemplaza a ASME B30.20. Los criterios de diseño establecidos son requisitos mínimos que pueden incrementarse a discreción del fabricante del dispositivo de elevación o de una persona calificada.

El diseño de los accesorios de elevación puede ser abordado por los estándares de diseño de la industria existentes. En ausencia de dichos estándares de diseño, una persona calificada debe determinar si las disposiciones de ASME BTH-1 son aplicables.

A-3 DISPOSITIVOS NUEVOS Y EXISTENTES

No es la intención de esta norma exigir la readaptación de los dispositivos de izaje existentes.

A-4 REQUISITOS GENERALES

A-4.1 Responsabilidad de diseño

Aunque siempre está implícito, esta disposición ahora establece explícitamente que el diseño de los dispositivos de izaje debajo del gancho es responsabilidad de una persona calificada. Este requisito se ha establecido en reconocimiento del impacto que tiene el desempeño de un dispositivo de elevación en la seguridad del lugar de trabajo, la complejidad del proceso de diseño y el nivel de

conocimiento y capacitación necesarios para diseñar dispositivos de elevación de manera competente.

A-4.2 Unidades de Medida

(20)

Los requisitos de esta Norma se presentan siempre que sea posible de una manera que sea dimensionalmente independiente, lo que permite la aplicación de estos requisitos utilizando las unidades habituales de EE. UU. o el Sistema Internacional de Unidades (SI). Las unidades habituales de EE. UU. son las unidades primarias utilizadas en esta Norma, excepto en el Capítulo 6 (consulte el Apéndice F no obligatorio).

A-4.3 Criterio de Diseño

(20)

Los requisitos originales de diseño estructural ASME B30.20 definían un dispositivo de elevación solo en términos de su carga nominal. Ediciones posteriores establecieron requisitos de vida útil a la fatiga por referencia a AWS D14.1/D14.1M. ASME BTH-1 ahora define los requisitos de diseño de un elevador en términos de carga nominal, categoría de diseño y clase de servicio para adaptar mejor el diseño del elevador al servicio previsto. En los Apéndices no obligatorios B y C (comentarios de los Capítulos 2 y 3, respectivamente), se puede encontrar una discusión más amplia sobre la base de las Categorías de diseño y Clase de servicio.

ASME BTH-1 requiere que la carga nominal y la vida a fatiga se determinen mediante cálculos realizados de acuerdo con las disposiciones definidas en esta norma. Un fabricante puede verificar la carga nominal y/o la vida de fatiga a través de pruebas destructivas, si lo desea, además de realizar los cálculos requeridos.

A-4.4 Métodos de análisis

Los esfuerzos permisibles definidos en los Capítulos 3 y 4 se han desarrollado con base en la presunción de que los esfuerzos reales debidos a las cargas de diseño se calcularán usando métodos clásicos. Dichos métodos calculan efectivamente las tensiones promedio que actúan sobre un elemento estructural o mecánico.

Normalmente no se requiere la consideración de los efectos de las concentraciones de esfuerzos al determinar la resistencia estática de un componente de un elevador (consulte el Apéndice C no obligatorio, párrafo C-5.2). Sin embargo, los efectos de las concentraciones de tensión son más importantes cuando se determina la vida útil a la fatiga. Los dispositivos de izaje a menudo se construyen

¹ Este Apéndice contiene comentarios que pueden ayudar en el uso y la comprensión del Capítulo 1. Los párrafos de este Apéndice se corresponden con los párrafos del Capítulo 1.

con discontinuidades o concentraciones geométricas de tensión, como orificios para pasadores y pernos, muescas, esquinas interiores y chaveteros de eje que actúan como sitios de iniciación de grietas por fatiga.

El análisis de un dispositivo de elevación con discontinuidades mediante el análisis de elementos finitos lineales generalmente mostrará tensiones máximas que indican falla, donde la falla se define como el punto en el que la carga aplicada alcanza la pérdida de función (o estado límite) de la pieza o dispositivo en consideración. Esto es particularmente cierto cuando se evalúa la resistencia estática. Si bien el uso de dichos métodos no está prohibido, el modelado del dispositivo y la interpretación de los resultados exigen la experiencia adecuada para garantizar que se cumplan los requisitos de esta norma sin crear límites conservadores innecesarios para la resistencia estática y la vida a la fatiga.

A-4.5 Material

Las disposiciones de diseño de los Capítulos 3 y 4 se basan en prácticas e investigaciones para el diseño utilizando aceros de construcción aleados al carbono, de alta resistencia y baja aleación y tratados térmicamente. Algunas de las ecuaciones presentadas son empíricas y pueden no ser directamente aplicables al uso con otros materiales. Tanto los materiales ferrosos como los no ferrosos, incluidos los aceros de construcción, pueden utilizarse en los componentes mecánicos descritos en el Capítulo 4.

Las especificaciones de toda la industria son las de organizaciones como ASTM International, American Iron and Steel Institute (AISI) y SAE International. Una especificación propietaria es aquella desarrollada por un fabricante individual.

A-4.6 Soldadura

AWS D14.1/D14.1M se cita como base para el diseño de soldadura y los procedimientos de soldadura. Este requisito está de acuerdo con la especificación CMAA No. 70 y los establecidos por ASME B30.20. Debido al requisito de examen no destructivo de las uniones soldadas Clase 1 y Clase 2, se seleccionó AWS D14.1/D14.1M sobre el más conocido AWS D1.1 (consulte AWS D14.1/D14.1M, sección 10.8). Los fabricantes que utilizan personal y procedimientos que están calificados según las ediciones anteriores de AWS D14.1/D14.1M, AWS D1.1 o la Sección IX del Código de calderas y recipientes a presión de ASME están calificados para realizar tareas bajo AWS D14.1/D14.1M, siempre que cumplan con los requisitos adicionales exigidos por AWS D14.1/D14.1M (consulte AWS D14.1/D14.1M, párrafo 9.1.4). Las tensiones admisibles para las soldaduras se modifican en esta norma para proporcionar los factores de diseño más altos que se consideren necesarios para los dispositivos de elevación.

A-4.7 Temperatura

Los límites de temperatura indicados se basan en lo siguiente. Históricamente, se han producido fallas frágiles por tensión durante la prueba hidrostática en recipientes a presión fabricados con acero con bajo contenido de carbono a temperaturas de hasta 50°F (10°C). Las fallas en el material de placa de acero fueron la causa principal de estas fallas. Con procesos de producción más estrictos, control metalúrgico más estricto y mejores controles

controles de calidad en la práctica actual, se reduce el riesgo de tal falla. Por lo tanto, el Comité seleccionó la temperatura de 25 °F (-4 °C) como un límite inferior razonable. Este límite inferior de temperatura también es consistente con las recomendaciones hechas por AISC (2006).

El Comité seleccionó el límite de temperatura superior como una temperatura máxima razonable de operación en un ambiente desértico de verano. Los datos de las tablas de diseño de materiales del Código de recipientes a presión y calderas de ASME indican que algunos aceros al carbono ya han comenzado a disminuir tanto en el límite elástico como en el límite de tensión permitido a 200 °F (93 °C). Algunos materiales disminuyen hasta un 4,6 %, pero la mayoría disminuye menos. Una interpolación en línea recta entre los valores tabulados para materiales a 100 °F (38 °C) y 200 °F (93 °C) en esta referencia da valores de tensión aceptables que tienen una degradación mínima a 150 °F (66 °C). °C).

En algunos usos industriales, los dispositivos de elevación pueden estar sujetos a temperaturas superiores a 540 °C (1000 °F). A estas temperaturas, las propiedades mecánicas de la mayoría de los materiales se reducen considerablemente con respecto a las del ambiente. Si la exposición es prolongada y de naturaleza cíclica, la resistencia a la ruptura por fluencia del material, que es menor que el valor de temperatura elevada simple, se debe usar para determinar la carga nominal de diseño y la vida útil del dispositivo.

Cuando se evalúan los efectos de la temperatura, es importante la temperatura del componente del elevador en lugar de la temperatura ambiente. Un levantador puede moverse brevemente a través de un área de aire helado sin que la temperatura del acero baje al punto de preocupación. Del mismo modo, un elevador que maneje artículos muy calientes puede tener algunos componentes que se calientan debido al contacto.

A-5 DEFINICIONES

Esta sección presenta una lista de la aplicación al diseño de dispositivos de izaje debajo del gancho. Siempre que sea posible, se utilizan las definiciones del Léxico de códigos y normas de seguridad de ASME y otras referencias de ingeniería. Los términos definidos se dividen en términos generales (párrafo 1-5.1) que se consideran importantes al tema y grupos de términos que son específicos para cada capítulo de la Norma.

(20)

A-5.1 Definiciones — General

Las definiciones de *dispositivo de elevación debajo del gancho* (*dispositivo de elevación, elevador*) y *accesorio de elevación* se basan en parte en el uso de los dispositivos. Se espera que un dispositivo de izaje debajo del gancho se use con cualquier número de cargas levantadas, mientras que un accesorio de izaje debe usarse con una sola carga levantada y está diseñado como parte de esa carga levantada. Los medios para conectar el accesorio de izaje a su carga (pernos, soldadura, unión adhesiva, etc.) no entran en la determinación de si el artículo es un dispositivo de izaje debajo del gancho o un accesorio de izaje. Esta distinción es consistente con la Interpretación 14-1345 de ASME B30.20.

(20) A-6 SÍMBOLOS

Los símbolos utilizados en esta norma generalmente cumplen con la notación utilizada en otras normas de diseño que se usan ampliamente en los Estados Unidos, como la especificación AISC (AISC, 1989) y las especificaciones de diseño de grúas publicadas por AIST y CMAA (AIST TR-06 y CMAA Specification No. 70, respectivamente). Donde no existía la notación, los símbolos únicos se definen aquí y se han seleccionado para que su significado sea claro para el usuario.

(20) A-7 REFERENCIAS

ASME BTH-1 está estructurado para ser un estándar independiente en la mayor medida práctica. Sin embargo, algunas áreas son más adecuadas para ser cubiertas por referencia a estándares industriales establecidos. La Sección 1-7 enumera códigos, estándares y otros documentos que se citan en el cuerpo principal de este Estándar y proporciona los nombres y direcciones de los editores de esos documentos.

Cada capítulo de esta Norma tiene un Apéndice No Obligatorio relacionado que explica, cuando sea necesario, la base de las disposiciones de ese capítulo. Todas las publicaciones citadas en estos Apéndices no obligatorios se enumeran a continuación. Estas referencias se citan solo a título informativo.

29 CFR 1910.179, Overhead and Gantry Cranes
U.S. Department of Defense, 1998, DOD Handbook MIL-HDBK-1038, Weight Handling Equipment
Editores: Superintendent of Documents, U.S. Government Publishing Office (GPO), 732 N. Capitol Street, NW Washington, DC 20401 (www.gpo.gov)

ANSI B11.19-2019 Performance Criteria for Safeguarding
Editores: B11 Standards, Inc., 42293 Young Lane, Leesburg, VA 20176 (www.b11standards.org)

ANSI/ABMA 9-2015, Load Ratings and Fatigue Life for Ball Bearings

ANSI/ABMA 11-2014, Load Ratings and Fatigue Life for Roller Bearings

Editores: American Bearing Manufacturers Association (ABMA), 2025 M Street, NW, Suite 800, Washington, DC 20036 (www.americanbearings.org)

ANSI/AGMA 2001-D04 (reaffirmed March 2016), Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth

Editores: American Gear Manufacturers Association (AGMA), 1001 North Fairfax Street, Suite 500, Alexandria, VA 22314 (www.agma.org)

AWS D1.1-2015, Structural Welding Code — Steel
AWS D14.1/D14.1M-2005, Specification for Welding of Industrial and Mill Cranes and Other Material Handling Equipment

Editores: American Welding Society (AWS), 8669 NW 36 Street, No. 130, Miami, FL 33166 (www.aws.org)

ANSI/NFPA 70-2020, National Electrical Code
ANSI/NFPA 79-2018, Electrical Standard for Industrial Machinery

Publisher: National Fire Protection Association (NFPA), 1 Batterymarch Park, Quincy, MA 02169 (www.nfpa.org)

API RP 2A-WSD, 2000, Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms — Working Stress Design

Publisher: American Petroleum Institute (API), 200 Massachusetts Avenue, NW, Suite 1100, Washington, DC 20001 (www.api.org)

ASME B17.1-1967 (R2013), Keys and Keyseats

ASME B30.2-2016, Overhead and Gantry Cranes (Top Running Bridge, Single or Multiple Girder, Top Running Trolley Hoist)

ASME B30.20-1985 and 2018, Below-the-Hook Lifting Devices

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II, Part D, Properties, 2001 Edition, 2002 Addenda

ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding, Brazing, and Fusing Qualifications, 2019 Edition

ASME HST-4-2016, Performance Standard for Overhead Electric Wire Rope Hoists

Bibber, L. C., Hodge, J. M., Altman, R. C., and Doty, W. D., 1952, "A New High-Yield-Strength Alloy Steel for Welded Structures," *Transactions*, Vol. 74, Part 3

Editores: The American Society of Mechanical Engineers (ASME), Two Park Avenue, New York, NY 10016-5990 (www.asme.org)

Avallone, E. A., and Baumeister, T., eds., 1987, *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9th edition
Melcon, M. A., and Hoblit, F. M., 1953, "Developments in the Analysis of Lugs and Shear Pins," *Product Engineering*, Vol. 24, No. 6, pp. 160–170

Shigley, J. E., and Mischke, C. R., 2001, *Mechanical Engineering Design*, 6th edition

Young, W. C., Budynas, R. G., and Sadegh, A. M., 2012, *Roark's Formulas for Stress and Strain*, 8th edition

Editores: McGraw-Hill Co., P.O. Box 182604, Columbus, OH 43272 (www.mcgraw-hill.com)

Bjorhovde, R., Galambos, T. V., and Ravindra, M. K., 1978, "LRFD Criteria for Steel Beam-Columns," *Journal of the Structural Division*, Vol. 104, No. ST9

Duerr, D., 2006, "Pinned Connection Strength and Behavior," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 132, No. 2

Duerr, D., 2016, "Lateral-Torsional Buckling of Suspended I-Shape Lifting Beams," *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, Vol. 21, No. 1

Dux, P. F., and Kitipornchai, S., 1990, "Buckling of Suspended I-Beams," *Journal of Structural Engineering*, Vol. 116, No. 7, pp. 1877–1891

- Fisher, J. W., Galambos, T. V., Kulak, G. L., and Ravindra, M. K., 1978, "Load and Resistance Design Criteria for Connectors," *Journal of the Structural Division*, Vol. 104, No. ST9
- Galambos, T. V., and Ravindra, M. K., 1978, "Properties of Steel for Use in LRFD," *Journal of the Structural Division*, Vol. 104, No. ST9
- Kitipornchai, S., and Trahair, N. S., 1980, "Buckling Properties of Monosymmetric I-Beams," *Journal of the Structural Division*, Vol. 109, No. ST5
- McWhorter, J. C., Wetencamp, H. R., and Sidebottom, O. M., April 1971, "Finite Deflections of Curved Beams," *Journal of the Engineering Mechanics Division*, Vol. 97, No. EM2
- Ravindra, M. K., and Galambos, T. V., 1978, "Load and Resistance Factor Design for Steel," *Journal of the Structural Division*, Vol. 104, No. ST9
- Yura, J. A., Galambos, T. V., and Ravindra, M. K., 1978, "The Bending Resistance of Steel Beams," *Journal of the Structural Division*, Vol. 104, No. ST9
- Editors: American Society of Civil Engineers (ASCE), 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA 20191 (www.asce.org)
- Blodgett, O. W., 1966, *Design of Welded Structures*
Editors: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 22801 St. Clair Avenue, Cleveland, OH 44117 (www.jlff.org)
- Boresi, A. P., and Sidebottom, O. M., 1985, *Advanced Mechanics of Materials*, 4th edition
- Kulak, G. L., Fisher, J. W., and Struik, J. H. A., 1987, *Guide to Design Criteria for Bolted and Riveted Joints*, 2nd edition
- Pilkey, W. D., and Pilkey, D. F., 2008, *Peterson's Stress Concentration Factors*, 3rd edition
- Ziemian, R. D., ed., 2010, *Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures*, 6th edition
Editors: John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030 (www.wiley.com)
- Cornell, C. A., 1969, "A Probability-Based Structural Code," *ACI Journal*, Vol. 66, No. 12
Editors: American Concrete Institute (ACI), 38800 Country Club Drive, Farmington Hills, MI 48331 (www.concrete.org)
- DIN 6885-1 (1968), Drive Type Fastenings Without Taper Action; Parallel Keys, Keyways, Deep Pattern
Editors: Deutsches Institut für Normung, e. V. (DIN) Budapester Straße 31, 10787 Berlin, Germany (www.din.de)
- Ellifritt, D. S., Wine, G., Sputo, T., and Samuel, S., 1992, "Flexural Strength of WT Sections," *Engineering Journal*, Vol. 29, No. 2
- "Engineering FAQs Section 4.4.2" (www.aisc.org, 2006)
- Guide for the Analysis of Guy and Stiffleg Derricks, 1974
- Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings, 1994 and 2000
- Specification for Structural Steel Buildings, 2010 and 2016
- Specification for Structural Steel Buildings — Allowable Stress Design and Plastic Design, 1989
- Yura, J. A., and Frank, K. H., 1985, "Testing Method to Determine the Slip Coefficient for Coatings Used in Bolted Connections," *Engineering Journal*, Vol. 22, No. 3
- Editors: American Institute of Steel Construction (AISC), 130 East Randolph, Suite 2000, Chicago, IL 60601 (www.aisc.org)
- Lyse, I., and Godfrey, H. J., 1933, "Shearing Properties and Poisson's Ratio of Structural and Alloy Steels," *Proceedings*
Editors: American Society for Testing and Materials (ASTM International), 100 Barr Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959 (www.astm.org)
- Madsen, J., November 1941, "Report of Crane Girder Tests," *Iron and Steel Engineer*
- AIST TR-06, Specification for Electric Overhead Traveling Cranes for Steel Mill Service, 2018
Editors: Association for Iron & Steel Technology (AIST), 186 Thorn Hill Road, Warrendale, PA 15086 (www.aist.org)
- SAE J1078-200711, A Recommended Method of Analytically Determining the Competence of Hydraulic Telescopic Cantilevered Crane Booms
Editors: SAE International, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096 (www.sae.org)
- Specification No. 70-2015, Specifications for Top Running Bridge and Gantry Type Multiple Girder Electric Overhead Traveling Cranes
- Specification No. 74-2015, Specifications for Top Running and Under Running Single Girder Electric Traveling Cranes Utilizing Under Running Trolley Hoist
Editors: Crane Manufacturers Association of America, Inc. (CMAA), 8720 Red Oak Boulevard, Charlotte, NC 28217 (www.mhia.org/cmaa)
- Tolbert, R. N., 1970, "A Photoelastic Investigation of Lug Stresses and Failures," Master's Thesis, Vanderbilt University, Nashville, TN
- Wilson, W. M., 1934, *The Bearing Value of Rollers*, Bulletin No. 263, University of Illinois Engineering Experiment Station, Urbana, IL (www.ideals.illinois.edu)
- Wire Rope Users Manual, 4th edition, 2005
Editors: Wire Rope Technical Board (WRTB), P.O. Box 151387, Alexandria, VA 22315-1387 (www.wirerope-technicalboard.org)

APÉNDICE NO OBLIGATORIO B

COMENTARIO PARA **CAPÍTULO 2: CLASIFICACIONES DE LEVANTADORES¹**

B-1 GENERAL

B-1.1 Selección

La selección de una Categoría de Diseño y Clase de servicio permite adecuar la fuerza y vida útil del elevador a las necesidades del usuario. Una persona calificada o un fabricante debe asegurarse de que la categoría de diseño y la clase de servicio especificadas para un elevador en particular sean apropiadas para el uso previsto a fin de brindar un diseño con la confiabilidad estructural adecuada y la vida útil esperada.

B-1.3 Identificación

El propósito de este requisito es garantizar que el diseñador, el fabricante y el usuario final conozcan la Categoría de diseño y la Clase de servicio asignadas. Por lo general, los documentos que requieren las marcas indicadas pueden incluir dibujos, cotizaciones, cálculos y manuales de alto nivel.

B-1.4 Ambiente

Los límites de temperatura ambiente de funcionamiento tienen el único propósito de ser una guía. La temperatura de los componentes de cada parte del elevador debe ser considerada cuando el dispositivo está operando en un ambiente fuera de los límites definidos en el párr. 1-4.7. Los efectos del polvo, la humedad y las sustancias atmosféricas corrosivas sobre la integridad y el rendimiento de un levantador no pueden definirse específicamente. Estas consideraciones de diseño deben ser evaluadas y consideradas por el fabricante del dispositivo de elevación o por una persona calificada.

B-2 CATEGORÍA DE DISEÑO

Al seleccionar una categoría de diseño, se deben tener en cuenta todas las operaciones que afectarán el diseño del dispositivo de elevación. Las discusiones de las categorías de diseño a continuación y en el Apéndice C no obligatorio, párr. C-1.3 se refiere a las consideraciones dadas a las sobrecargas no intencionales en el desarrollo de los factores de diseño. Estos comentarios no deben interpretarse de ninguna manera como que permiten el uso de un dispositivo de elevación por encima de su carga

nominal bajo ninguna circunstancia que no sea para pruebas de carga de acuerdo con ASME B30.20 u otras normas o reglamentos de seguridad aplicables.

B-2.1 Categoría de diseño A

El factor de diseño especificado en el Capítulo 3 para los levantadores de la categoría de diseño A se basa en presunciones de sobrecarga involuntaria rara y menor, cargas de impacto leve durante el uso de rutina y un multiplicador de impacto máximo del 50%. Estas condiciones de carga son características del uso del elevador en entornos de trabajo donde los pesos de las cargas que se manipulan son razonablemente bien conocidos y las operaciones de elevación se llevan a cabo de manera controlada. Las características típicas de la aplicación para esta categoría de diseño incluyen izajes a baja velocidad usando un dispositivo de izaje bien mantenido bajo el control de un supervisor de izaje y un operador de grúa experimentado. Esta categoría de diseño no debe utilizarse en ningún entorno donde existan condiciones o uso severos.

La categoría de diseño A está destinada a aplicarse a los dispositivos de elevación utilizados en condiciones controladas. Las consideraciones prácticas de varios ambientes de trabajo indican que la gran cantidad de ciclos de carga que corresponden a la Clase de servicio 1 y superior comúnmente equivalen a condiciones de uso bajo las cuales el factor de diseño de la Categoría de diseño A es inapropiado. Por lo tanto, el uso de la categoría de diseño A está restringido a aplicaciones de dispositivos de elevación con un bajo número de ciclos de carga (Clase de servicio 0).

B-2.2 Categoría de diseño B

El factor de diseño especificado en el Capítulo 3 para los levantadores de categoría de diseño B se basa en presunciones (en comparación con la categoría de diseño A) de una mayor incertidumbre en el peso de la carga que se manipula, la posibilidad de sobrecargas no intencionadas algo mayores, un manejo más brusco de la carga, lo que dará como resultado mayores cargas de impacto y un multiplicador de impacto máximo del 100%. Estas condiciones de carga son características del uso del elevador en entornos de trabajo donde los pesos de las cargas que se manipulan pueden no ser bien conocidos, y las operaciones de izaje se realizan de una manera más rápida y orientada a la producción. Las características típicas de la aplicación para esta categoría de diseño incluyen uso rudo e izajes en condiciones adversas y menos

¹ Este Apéndice contiene comentarios que pueden ayudar en el uso y la comprensión del Capítulo 2. Los párrafos de este Apéndice se corresponden con los párrafos del Capítulo 2.

Tabla B-3-1 Vida útil de la clase de servicio

Ciclos de carga por día	Vida Deseada, años				
	1	5	10	20	30
5	0	0	0	1	1
10	0	0	1	1	2
25	0	1	1	2	2
50	0	1	2	2	3
100	1	2	2	3	3
200	1	2	3	3	4
300	2	3	3	4	4
750	2	3	4	4	4
1,000	2	3	4	4	4

controladas. La categoría de diseño B generalmente será apropiada para elevadores que se utilizarán en entornos severos. Sin embargo, el factor de diseño de la categoría de diseño B no necesariamente tiene en cuenta todos los efectos ambientales adversos.

B-2.3 Categoría de diseño C

La categoría de diseño C está reservada para uso en

aplicaciones especializadas en industrias que requieren un diseño de dispositivo de elevación basado en el factor de diseño mayor asociado con esta categoría de diseño.

B-3 CLASE DE SERVICIO

El diseño para la fatiga involucra una decisión económica

entre la vida deseada y el costo. La intención es brindarle al propietario la oportunidad de diseños más económicos para los casos en que el servicio de servicio es menos severo. Se ofrece una selección de cinco Clases de servicio.

Los rangos de ciclo de carga que se muestran en la Tabla 2-3-1 son consistentes con los requisitos de AWS D14.1/D14.1M

La Tabla B-3-1 puede ayudar a determinar la Clase de servicio requerida en función de los ciclos de carga por día y la vida útil deseada.

APÉNDICE NO OBLIGATORIO C

COMENTARIO PARA EL CAPÍTULO 3: DISEÑO ESTRUCTURAL¹

C-1 GENERAL

C-1.1 Propósito

Los esfuerzos admisibles de los miembros definidos en el Capítulo 3 generalmente se han obtenido con base en la suposición de que los miembros son prismáticos. El diseño de miembros cónicos puede requerir consideraciones adicionales. Referencias como AISC (2000), apéndice F3 y Blodgett (1966), sección 4.6 pueden ser útiles para el diseño de elementos cónicos.

C-1.2 Cargas

Los miembros estructurales y los componentes mecánicos de un dispositivo de izaje debajo del gancho deben diseñarse para las fuerzas impuestas por la carga levantada (un valor normalmente igual a la carga nominal), el peso de las partes del dispositivo y cualquier fuerza como fuerzas de agarre o laterales que resultan de la función del dispositivo. La inclusión de fuerzas laterales en este párrafo se refiere a las fuerzas laterales calculadas que ocurren como resultado del uso previsto o esperado del levantador. Esta disposición no pretende exigir el uso de una carga lateral arbitraria en el diseño del elevador. Para la mayoría de los diseños, no se requiere una asignación de impacto adicional. Este tema se discute más adelante en los párrs. C-1.3 y C-5.1.

C-1.3 Base de diseño estática

(20) Las disposiciones de diseño de resistencia estática definidas en el Capítulo 3 para las Categorías de diseño A y B se han derivado utilizando un análisis probabilístico de las cargas estáticas y dinámicas a las que pueden estar sujetos los elevadores y las incertidumbres con las que se puede calcular la resistencia de los elementos de los elevadores y las conexiones. Las incertidumbres de carga y resistencia están relacionadas con un factor de diseño N_d utilizando la ecuación. (C-1) (Cornell, 1969; Shigley y Mischke, 2001).

$$1 + \beta \sqrt{V_R^2 + V_S^2 - \beta^2 V_R^2 V_S^2}$$

$$N_d = \frac{1}{1 - \beta^2 V_R^2} \quad (C-1)$$

El término VR es el coeficiente de variación de la resistencia del elemento. Los valores del coeficiente de variación para diferentes tipos de miembros estructura-

estructurales y conexiones han sido determinados en un extenso programa de investigación patrocinado por el American Iron and Steel Institute (AISI) y publicado en una serie de artículos en la edición de septiembre de 1978 (Vol. 104, No. ST9) de la Revista de la División Estructural de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles. Los valores máximos de VR iguales a 0.151 para los límites de resistencia de fluencia o pandeo y 0.180 para los límites de resistencia de fractura y para el diseño de la conexión se tomaron de esta investigación y se utilizaron para el desarrollo de los factores de diseño BTH.

El término VS es el coeficiente de variación del espectro de cargas al que puede estar sometido el elevador. El Comité BTH desarrolló un conjunto de espectros de carga estáticos y dinámicos basados en investigaciones limitadas de cargas de grúas y la experiencia de los miembros del Comité.

Se considera que los elevadores de Categoría de diseño A se utilizan en porcentajes relativamente altos de sus cargas nominales. Debido al nivel de planificación generalmente asociado con el uso de estos elevadores, la probabilidad de levantar una carga mayor que la carga nominal se considera pequeña y no es probable que dicha sobrecarga supere el 5 %. La distribución de las cargas levantadas en relación con la carga nominal se considera como se muestra en la Tabla C-1.3-1.

Se desarrolló una distribución similar para la carga dinámica. AISC (1974) informa los resultados de las pruebas de carga realizadas en torres de perforación de patas rígidas en las que se midió la carga dinámica en la torre de perforación. Las cargas dinámicas típicas eran aproximadamente el 20 % de la carga levantada, y la carga dinámica límite superior era aproximadamente el 50 % de la carga levantada. Las pruebas en puentes grúa (Madsen, 1941) mostraron una carga dinámica algo menos severa. Dados estos datos publicados y juicios basados en la experiencia, se estableció un espectro de carga para la carga dinámica (consulte la Tabla C-1.3-2).

Se desarrolló un segundo espectro de carga dinámica para un caso especial de Categoría de diseño A. Algunos fabricantes de equipos pesados, como la maquinaria de generación de energía, construyen elevadores que se utilizarán para el manejo de sus equipos.

Como tales, los elevadores se utilizan al 100 % o cerca de la carga nominal para cada izaje, pero debido a la naturaleza de esos levantamientos, se puede esperar razonablemente que

la carga dinámica sea algo menor que los elevadores normales de categoría de diseño A. La distribución desarrollada en este caso especial se muestra en la Tabla C-1.3-2.

El rango de cargas totales se desarrolló calculando la carga total (estática más dinámica) para la combinación de los espectros que se muestran en las Tablas C-1.3-1 y C-1.3-2.

¹ Este Apéndice contiene comentarios que pueden ayudar en el uso y la comprensión del Capítulo 3. Los párrafos de este Apéndice se corresponden con los párrafos del Capítulo 3..

Tabla C-1.3-1 Categoría de diseño A Espectro de carga estática

Porcentaje de carga nominal	Porcentaje de Izajes
80	40
90	55
100	4
105	1

El análisis estadístico apropiado arrojó coeficientes de variación de carga de 0,156 para el espectro de diseño estándar y 0,131 para el caso especial.

El término último en eq. (C-1) a establecer es el índice de confiabilidad, β . El Comité señaló que la especificación de acero estructural vigente en ese momento (AISC, 2000) se basa en un valor de $\beta = 3$. Este valor se adoptó para la categoría de diseño A usando los valores así establecidos, los factores de diseño (redondeados) de 2.00 para los límites de fluencia o pandeo y 2.40 para los límites de fractura y para el diseño de la conexión se calculan usando la ec. (C-1).

Antes de la primera edición de ASME B30.20 en 1986, los ingenieros en la construcción solían diseñar dispositivos de elevación usando tensiones admisibles de AISC y tal vez un factor de impacto típicamente no mayor al 25% de la carga levantada. La especificación AISC proporciona factores de diseño nominales de 1,67 para fluencia y pandeo y 2,00 para fractura y conexiones. Por lo tanto, el método de diseño anterior, que generalmente se reconoce como aceptable para los elevadores ahora clasificados como categoría de diseño A, proporcionó factores de diseño con respecto a la carga nominal de 1,67 a 2,08 para el diseño de miembros y de 2,00 a 2,50 para el diseño de conexiones. Se consideró que la concordancia de los factores de diseño BTH calculados con la práctica anterior validaba los resultados.

Se llevó a cabo un proceso similar para la categoría de diseño B. En esta aplicación, se espera que los elevadores funcionen de manera confiable en condiciones más severas, incluido el abuso, y pueden usarse para levantar una gama más amplia de cargas. Por lo tanto, el rango de cargas tanto estáticas como dinámicas es mayor para la Categoría de diseño B que para la Categoría de diseño A. El Comité BTH desarrolló un conjunto de espectros de carga estática y dinámica basados en el juicio y la experiencia de los miembros del Comité. La Tabla C-1.3-3 es el espectro de carga estática; La Tabla C-1.3-4 es el espectro de carga dinámica.

Tabla C-1.3-2 Categoría de diseño A Espectro de carga dinámica

Carga dinámica como porcentaje de la carga levantada	Porcentaje de izajes (estándar)	Porcentaje de elevaciones (caso especial)
0	25	20
10	45	58
20	20	15
30	7	4
40	2	2
50	1	1

Nuevamente, se desarrolló el espectro de carga total y se realizó el análisis estadístico. Se encontró que el coeficiente de variación para la carga era 0.392.

Debido a la mayor incertidumbre de las condiciones de carga asociadas con la Categoría de Diseño B, el Comité optó por utilizar un valor más alto del índice de confiabilidad. El valor de 3 utilizado para la categoría de diseño A se incrementó en un 10 % para la categoría de diseño B ($\beta = 3,3$).

Usando estos valores, la ec. (C-1) se utiliza para calcular (redondeado) los factores de diseño de 3,00 para los límites de fluencia y pandeo y 3,40 para los límites de fractura y para el diseño de la conexión. Para mantener la misma relación entre los factores de diseño del miembro y de la conexión para ambas categorías de diseño, el factor de diseño de la conexión se especifica como $3,00 \times 1,20 = 3,60$.

Los elevadores utilizados en las aplicaciones industriales de los tipos para los que la categoría de diseño B es apropiada tradicionalmente se han proporcionado usando un factor de diseño de 3, como lo requiere ASME B30.20 desde su creación. Al igual que con el factor de diseño de Categoría de diseño A, esta concordancia entre el factor de diseño calculado sobre la base de los espectros de carga que se muestran en las Tablas C-1.3-3 y C-1.3-4 y el factor de diseño que se ha utilizado con éxito durante décadas valida la proceso.

Las disposiciones de esta Norma abordan los tipos más comunes de elementos y conexiones utilizados en el diseño de dispositivos de izaje debajo del gancho. En algunos casos, será necesario que la persona calificada emplee métodos de diseño que no se abordan específicamente en este documento. Independientemente del método utilizado, se deben proporcionar los factores de diseño requeridos para miembros y conexiones. Los factores de diseño especificados en el párr. 3-1.3 se establecen como valores mínimos. La categoría de diseño C se define para acomodar el uso de ASME BTH-1 en aplicaciones especiales donde se requiere un factor de diseño estructural más alto. Algunas aplicaciones de elevadores pueden resultar en una mayor carga dinámica que requerirá factores de diseño más altos. Es responsabilidad de una persona calificada determinar cuándo se requieren factores de diseño más altos y determinar los valores apropiados en tales casos.

Las ecuaciones de la sección 3-3 para las cargas o tensiones admisibles, excepto la tensión de apoyo, en los elementos de conexión expresan el factor de diseño como $1,20Nd$. El factor de 1,20 proporciona el factor de diseño de conexión requerido (p. ej., $Nd = 2,00$ para la categoría de diseño A, lo que proporciona un factor de diseño de 2,00 para el diseño de miembros y de $1,20 \times 2,00 = 2,40$ para el diseño de conexión)

Tabla C-1.3-3 Categoría de diseño B Espectro de carga estática

Porcentaje de carga nominal	Porcentaje de izajes
50	40
75	50
100	8
120	2

Tabla C-1.3-4 Categoría de diseño B Espectro de carga dinámica

Carga dinámica como porcentaje de la carga levantada	% de izajes
0	1
10	17
20	25
30	19
40	13
50	9
60	6
70	4
80	3
90	2
100	1

C-1.5 Miembros curvos

Los miembros curvos sujetos a flexión exhiben tensiones en el interior (lado cóncavo) de la curva que son más altas que las que se calcularían utilizando las fórmulas de tensión de flexión convencionales. Al igual que con la teoría de flexión de vigas rectas, la derivación de las ecuaciones mediante las cuales se pueden calcular los esfuerzos de flexión de una viga curva se basa en la suposición fundamental de que las secciones planas permanecen planas (Young et al., 2012).

Esta distribución de tensiones existe únicamente en el rango elástico. Los miembros que tienen tales proporciones y propiedades materiales que permiten el desarrollo de un momento plástico tendrán la misma resistencia máxima a la flexión (es decir, momento plástico) que un miembro recto (McWhorter et al., 1971; Boresi y Sidebottom, 1985). Por lo tanto, los esfuerzos máximos de flexión debidos a la curvatura deben evaluarse para miembros sujetos a carga cíclica y para los cuales se debe evaluar la vida a fatiga, pero no es necesario considerarlos para el diseño por resistencia estática de miembros en los que se puede alcanzar el momento plástico.

Se pueden usar ayudas de diseño clásicas como la Tabla 9.1 en las Fórmulas para tensión y deformación de Roark (Young et al., 2012) para satisfacer el requisito definido en esta sección.

C-1.6 Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos permisibles y los rangos de esfuerzos definidos en las secciones 3-2, 3-3 y 3-4 deben compararse con los esfuerzos promedio o nominales calculados debido a las cargas definidas en el párr. 3-1.2. No se pretende que las tensiones máximas altamente localizadas que pueden determinarse mediante métodos de análisis asistidos por computadora y que pueden mitigarse por fluencia confinada deban ser menores que las tensiones admisibles especificadas.

C-1.7 Propiedades de miembro

La tolerancia de fabricación para el espesor de pared de formas huecas es de $\pm 10\%$. Los fabricantes en los Estados Unidos producen consistentemente formas soldadas por resistencia eléctrica (ERW) con

un espesor de pared que está cerca del límite inferior de esta tolerancia. En consecuencia, el Instituto Estadounidense de Construcción de Acero y el Instituto de Tubos de Acero de América del Norte recomiendan que las propiedades de la sección y otros cálculos se basen en 0,93 veces el espesor de pared nominal para formas ERW. Las formas soldadas por arco sumergido (SAW) se producen con un espesor de pared cercano al espesor nominal, por lo que estos productos no requieren tal reducción.

C-2 DISEÑO DE MIEMBROS

Los requisitos para el diseño de elementos sometidos a flexión utilizan los términos *sección compacta* y *sección no compacta*. Una sección compacta es capaz de desarrollar una distribución de esfuerzos totalmente plástica antes del inicio del pandeo local en uno o más de sus elementos comprimidos. Una sección no compacta es capaz de desarrollar el esfuerzo de fluencia en sus elementos de compresión antes de que ocurra el pandeo local, pero no puede resistir el pandeo local inelástico a los niveles de deformación requeridos para una distribución de esfuerzos completamente plástica. Las secciones compactas y no compactas se definen por las relaciones ancho-espesor de sus elementos de compresión. Los límites apropiados para varios elementos de compresión comunes a los miembros estructurales se dan en la Tabla 3-2.2-1. Los elementos de compresión que son más esbeltos de lo permitido para formas no compactas pueden fallar por pandeo local a niveles de esfuerzo por debajo del límite elástico. Consulte los párrs. C-2.3.6, último párrafo, y C-2.6, último párrafo, para comentarios sobre elementos esbeltos.

(20)

C-2.2 Miembros de compresión

Las fórmulas que definen el esfuerzo de compresión axial admisible se basan en la suposición de esfuerzos de compresión residuales máximos iguales a $0.50F_y$, como se usa comúnmente en las especificaciones de diseño estructural actuales (p. ej., AISC, 1974; AIST TR-06; Especificación CMAA No. 70; SAE J1078). La relación de esbeltez igual a C_c define el límite entre el pandeo elástico e inelástico.

Como es práctica en las normas citadas anteriormente, el factor de diseño con respecto al pandeo en el rango inelástico [eq. (3-3)] varía de N_d a $1,15 N_d$. El factor de diseño en el rango elástico [eq. (3-5)] es una constante $1.15N_d$ con respecto al pandeo. El factor de diseño más bajo para elementos comprimidos muy cortos se justifica por la insensibilidad de dichos elementos a la flexión que puede ocurrir debido a excentricidades accidentales. El factor de diseño más alto para miembros más esbeltos brinda protección adicional contra el efecto de tales esfuerzos de flexión.

El factor de longitud efectiva, K , proporciona un método conveniente para determinar la resistencia al pandeo de miembros en compresión que no sean puntales con extremos de pasador. Se puede encontrar una guía general sobre el valor de K para varias situaciones en el Capítulo C del Comen-

tario AISC (AISC, 1989 o 2010). Se puede encontrar una amplia cobertura del tema en Ziemian (2010).

C-2.3 Miembros de flexión

C-2.3.1 Flexión del eje principal de secciones compactas. El estado límite de flexión para miembros con secciones compactas y arriostrados a intervalos que no excedan el espaciado definido por la ecuación (3-7) o la ecuación (3-8) es el momento plástico. Generalmente, las formas estructurales tienen un factor de forma del eje principal (relación entre el módulo plástico y el módulo de sección) que es del 12% o más (Comentario AISC 1989). El esfuerzo permisible para miembros con secciones compactas proporciona un factor de diseño de límite inferior de N_d con respecto al momento plástico.

C-2.3.2 Flexión de eje mayor y eje menor de secciones compactas con longitud no arriostrada mayor que L_p y secciones no compactas. Formas no compactas que están arriostradas a intervalos que no excedan el espaciado definido por la ec. (3-10) o ec. (3-11) tienen un momento de estado límite que equivale al rendimiento de fibra exterior. El esfuerzo de flexión permisible para miembros con secciones no compactas proporciona un factor de diseño de N_d con respecto a la fluencia de la fibra exterior.

Los miembros en forma de I y los canales doblados alrededor del eje principal pueden fallar por pandeo lateral torsional. Las ecuaciones (3-13) a (3-17) definen los esfuerzos de compresión de flexión permisibles que proporcionan un factor de diseño de N_d con respecto a este estado límite.

El esfuerzo de flexión permisible para los miembros de caja para los cuales la longitud no arriostrada excede L_r no se define en el Capítulo 3. Un estudio de los miembros de caja ha demostrado que un miembro de tal longitud tiene una resistencia a la flexión poco práctica y, por lo tanto, es muy poco probable que sea utilizado en un dispositivo de elevación.

La expresión de momento admisible para tes y elementos de ángulo doble [eq. (3-18)] define el momento admisible en función del estado límite menor de pandeo lateral torsional (Kitipornchai y Trahair, 1980) o fluencia (Ellifritt et al., 1992). El valor de $a = 1,25$ se basa en el párr. C-2.3.4.

Las ecuaciones (3-10) a (3-18) se basan en el comportamiento de las vigas que están restringidas contra torsión o desplazamiento lateral en los extremos de la longitud no arriostrada, L_b . Las vigas suspendidas exhiben un comportamiento diferente con respecto al pandeo lateral torsional (Dux y Kiti-pornchai, 1990). Las vigas en forma de I muestran una resistencia al pandeo menor que la predicha por las ecuaciones estándar de pandeo elástico en proporciones

donde $(L_b/b_f)/\sqrt{EI_x/GJ}$ es mayor qde 1,6

aproximadamente 1,6. Las vigas en forma de T muestran una resistencia a pandeo reducida en todas las proporciones. El coeficiente CLTB en las ecs. (3-16), (3-17) y (3-18) dan cuenta de esta resistencia al pandeo reducida. La derivación de la ecuación CLTB aplicable a miembros en forma de I y una comparación con datos experimentales se explican en Duerr

(2016). Las derivaciones de las ecuaciones CLTB para vigas en forma de T se basan en los mismos modelos de pandeo de análisis de elementos finitos.

(20)

C-2.3.3 Flexión del eje principal de barras rectangulares sólidas. Las disposiciones de este párrafo se basan en AISC (2016). El coeficiente 1.25 en eqs. (3-20), (3-22) y (3-24) se basa en el párr. C-2.3.4. El coeficiente CLTB en las ecs. (3-22) y (3-24) dan cuenta de la resistencia a pandeo reducida de las vigas no arriostradas contra torsión o desplazamiento lateral en los extremos de la longitud no arriostrada. La derivación de la ecuación CLTB se basa en el mismo modelo de pandeo de análisis de elementos finitos que se desarrolla en Duerr (2016).

C-2.3.4 Flexión del eje menor de secciones compactas, barras sólidas y secciones rectangulares. Muchas formas comúnmente utilizadas en dispositivos de elevación tienen factores de forma que son significativamente mayores que 1,12. Estos incluyen miembros en forma de I y H doblemente simétricos con alas compactas dobladas alrededor de sus ejes menores, barras sólidas redondas y cuadradas, y secciones rectangulares sólidas dobladas alrededor de sus ejes menores. Los factores de forma para estas formas suelen ser 1,50 o más.

El esfuerzo de flexión permisible para estas formas [eq. (3-25)] da un factor de diseño de $1,20N_d$ o mayor con respecto a un estado límite igual al momento plástico. Este esfuerzo permisible da como resultado una condición en la que el esfuerzo de flexión no excederá el rendimiento bajo las cargas máximas definidas en los espectros de carga en los que se basan los factores de diseño. Los espectros de Categoría de Diseño A definen una carga estática máxima igual al 105% de la carga nominal y un impacto máximo igual al 50% de la carga levantada. Por lo tanto, el esfuerzo de flexión máximo teórico es $1,25 F_y (1,05 \times 1,50) / 2,00 = 0,98 F_y$. Los espectros de Categoría de Diseño B definen una carga estática máxima igual al 120% de la carga nominal y un impacto máximo igual al 100% de la carga levantada. Por lo tanto, el esfuerzo de flexión máximo teórico es $1,25 F_y (1,20 \times 2,00) / 3,00 = F_y$.

C-2.3.6 Corte en barras, pasadores y placas. La expresión del esfuerzo cortante admisible se basa en la Especificación n.º 70 de CMAA, que especifica el esfuerzo cortante admisible como una función del esfuerzo cortante de fluencia. La tensión de fluencia cortante se basa en la teoría de la energía de distorsión (Shigley y Mischke, 2001). La relación de esbeltez límite de las placas en cortante se toma de AISC (2000).

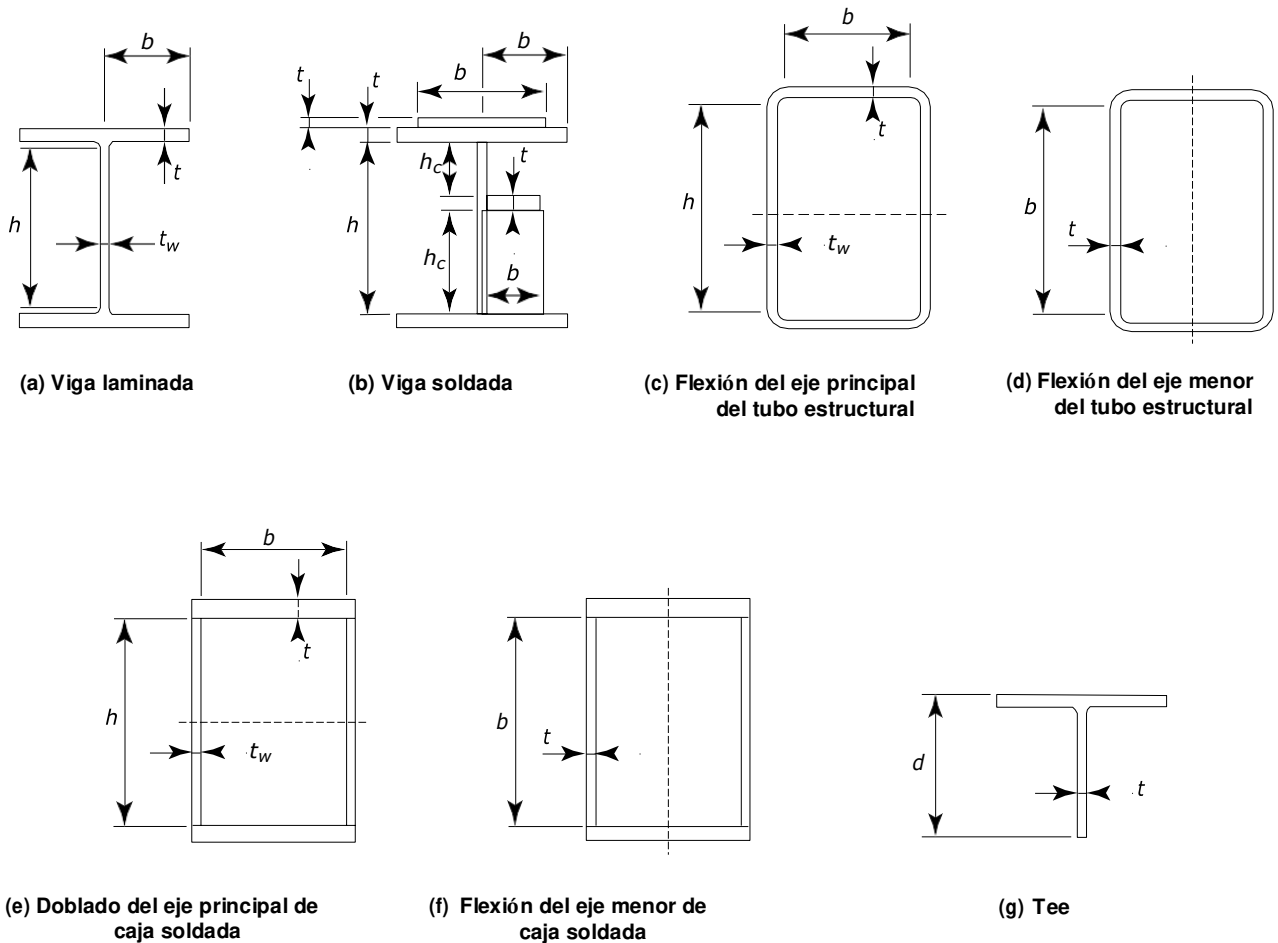
La experiencia ha demostrado que los miembros de los dispositivos de izaje debajo del gancho generalmente no están compuestos por elementos de corte delgados. Por lo

tanto, las disposiciones para el diseño de elementos esbeltos a cortante no están incluidas en esta norma.

C-2.4 Esfuerzos axiales y de flexión combinados

El diseño de miembros sujetos a compresión axial y flexión combinadas debe reconocer la amplificación de momento que resulta de los efectos $P-\Delta$. Las fórmulas dadas en esta sección, que dan cuenta del efecto $P-\Delta$, se tomaron de AISC (1989) con las modificaciones necesarias para dar cuenta de los factores

Figura C-2.6-1 Ejemplos seleccionados de requisitos de la Tabla 3-2.2-1



de diseño dados en esta Norma. Una discusión en profundidad de la interacción axial-flexión y la derivación de estas fórmulas se puede encontrar en Ziemian (2010).

Las fórmulas de interacción para miembros cilíndricos reconocen que los esfuerzos de flexión máximos alrededor de dos ejes mutuamente perpendiculares no ocurren en el mismo punto. Las ecuaciones (3-32), (3-33) y (3-34) se basan en la suposición de que C_m , F_e' y F_b tienen los mismos valores para ambos ejes. Si se aplican diferentes valores, se deben usar diferentes ecuaciones de interacción (API RP 2A-WSD).

C-2.5 Esfuerzos combinados normales y cortantes

La ecuación (3-37) es la relación de la teoría de la energía de distorsión entre las tensiones normales y las de corte (Shigley y Mischke, 2001). El esfuerzo crítico permisible es el esfuerzo de fluencia del material dividido por el factor de diseño aplicable, N_d . A los efectos de este requisito, las direcciones x & y son orientaciones mutuamente perpendiculares de las tensiones normales, no las tensiones de flexión en el eje x y en el eje y .

C-2.6 Pandeo Local

(20)

Las relaciones ancho-espesor del elemento de compresión se definen para secciones compactas y no compactas en la Tabla 3-2.2-1. Los límites allí expresados se basan en las Tablas B4.1a y B4.1b de AISC (2016). Las definiciones de las dimensiones utilizadas en la Tabla 3-2.2-1 para los elementos de compresión más comunes se ilustran en la Figura C-2.6-1.

Al igual que con las placas delgadas sujetas a cortante, los dispositivos de izaje debajo del gancho generalmente no están compuestos por elementos delgados a compresión. Por lo tanto, las disposiciones para el diseño de elementos esbeltos a compresión no están incluidas en esta norma.

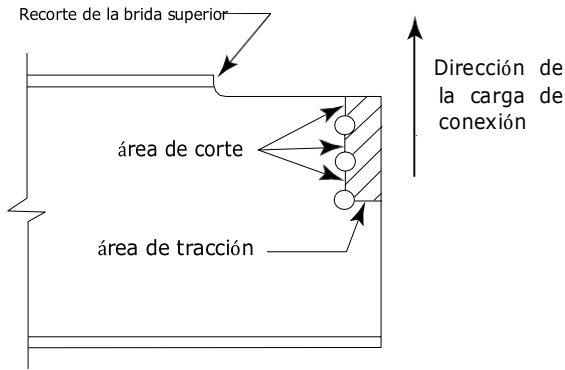
C-3 DISEÑO DE CONEXIÓN

C-3.1 General

(20)

El diseño de conexiones atornilladas y soldadas sigue los mismos procedimientos básicos que se definen en AISC (1989) y AWS D14.1/D14.1M. Los principales cambios están en los niveles de esfuerzos permisibles que se han establecido

Figura C-3.2-1 Corte de bloque



NOTA GENERAL: La falla ocurre al arrancar la porción rayada.

para proporcionar factores de diseño de 2,40 o 3,60 con respecto a la fractura para la categoría de diseño A o B, respectivamente.

La tensión de apoyo admisible definida por la ec. (3-38) se basa en AISC (1989 y 2016). Es posible que se requiera una tensión de apoyo permisible más baja entre las piezas que se moverán entre sí bajo carga. La ecuación (3-39) se basa en AISC (2016) y Wilson (1934). Tal como se utilizan en esta norma, los términos *superficie fresada*, *fresa* y *fresado* incluyen superficies que han sido aserradas con precisión o acabadas en un plano real por cualquier medio adecuado.

Estos límites de tensión de los cojinetes se aplican solo a los cojinetes entre las piezas del dispositivo de elevación. Una persona calificada debe evaluar el rodamiento entre las partes del levantador y el artículo que se está manipulando, teniendo en cuenta la naturaleza del artículo y su sensibilidad práctica a la tensión de compresión local.

(20) C-3.2 Conexiones atornilladas

Una *conexión atornillada* se define para los fines de esta norma como una conexión no permanente en la que dos o más partes se unen con sujetadores roscados de tal manera que se evita el movimiento relativo. Una conexión en la que se utiliza un solo sujetador se considera una *conexión con pasadores* y debe diseñarse como tal.

Los esfuerzos permisibles o las cargas permisibles en los pernos se establecen como la resistencia a la tracción, la resistencia al corte o la resistencia al deslizamiento dividida por el factor de diseño apropiado. La resistencia al corte se toma como el 62% de la resistencia a la tracción (Kulak et al., 1987). Este valor es razonable para conexiones atornilladas relativamente compactas. Si la longitud de una conexión con pernos supera las 15 pulgadas (380 mm), el cortante permisible por perno debe reducirse para tener en cuenta la creciente ineficiencia de la conexión (Kulak et al., 1987). La ecuación (3-43) se deriva de Kulak et al. (1987), ec. (4-1). Las tensiones reales debidas a las cargas aplicadas deben calcu-

larse en función del área bruta, el área de la raíz o el área de tensión de tracción del perno, según corresponda.

Es probable que la configuración de las conexiones atornilladas en los dispositivos de elevación varíe mucho de los tipos estándar de conexiones utilizadas en la construcción de acero. Esta norma no intenta abordar las muchas variaciones con respecto a la evaluación de la resistencia de las piezas conectadas, aparte de exigir que la resistencia de las piezas conectadas dentro de la conexión proporcione un factor de diseño de al menos 1,20 Nd.

La figura C-3.2-1 ilustra el caso especial de falla por cortante en bloque de una parte conectada. La resistencia de la pieza es la suma del esfuerzo de tracción admisible que actúa sobre el área de tracción indicada más el esfuerzo cortante admisible que actúa sobre el área de corte indicada. Aunque la figura muestra una conexión atornillada, este tipo de falla también puede ocurrir en una conexión soldada.

Una conexión de deslizamiento crítico es una conexión que transmite carga de corte por medio de la fricción entre las partes conectadas. El desarrollo de esta fricción, o resistencia al deslizamiento, depende de la tensión de instalación de los pernos y del coeficiente de fricción en las superficies de contacto. La ecuación (3-44) se basa en un coeficiente de deslizamiento medio de 0,33 y un nivel de confianza del 90 % basado en una instalación de llave calibrada (Kulak et al., 1987).

Se reduce la resistencia al deslizamiento de las conexiones en las que los orificios de los pernos son más de 1/16 pulg. (2 mm) mayores que los pernos. Si son necesarios orificios más grandes, los resultados de las pruebas informados en Kulak et al. (1987) se puede utilizar para determinar la capacidad reducida de la conexión.

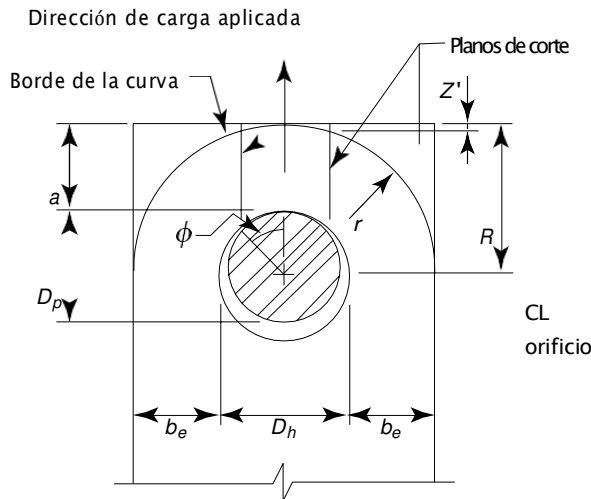
La resistencia al deslizamiento definida en esta norma se basa en superficies de contacto que no tienen escoria de laminación suelta, pintura ni otros revestimientos. La resistencia al deslizamiento de las superficies pintadas o revestidas varía mucho, dependiendo del tipo y espesor del revestimiento. No es práctico definir una resistencia al deslizamiento general aceptable para tales conexiones. Se requieren pruebas para determinar la resistencia al deslizamiento para las conexiones resistentes al deslizamiento en las que las

superficies de contacto están pintadas o recubiertas de otro modo (Yura y Frank, 1985).

Las disposiciones de diseño para conexiones de deslizamiento crítico se basan en investigaciones experimentales (Kulak et al., 1987) en conexiones hechas con pernos ASTM A325 y ASTM A490. A falta de resultados de investigaciones similares utilizando otros tipos y grados de pernos, párr. 3-3.2 limita los tipos de pernos que se pueden usar en conexiones de deslizamiento crítico a ASTM F3125, Grado A325 y ASTM F3125, Grado A490.

C-3.3 Conexiones con pasador

Una *conexión con pasador* se define para los fines de esta norma como una conexión no permanente en la que dos o más partes se unen de tal manera que permitan la rotación relativa. Incluso si se usa un sujetador roscado como pasador, la conexión aún se considera una conexión con pasador y debe diseñarse como tal.

Figura C-3.3.1-1 Notación de placa conectada por pasador

C-3.3.1 Resistencia estática de las placas. Una placa conectada por pasador puede fallar en la región del agujero de alfiler en cualquiera de los cuatro modos. Estos son tensión en el área efectiva en un plano a través del centro del agujero de alfiler perpendicular a la línea de acción de la carga aplicada, fractura en un solo plano más allá del agujero de alfiler paralelo a la línea de acción de la carga aplicada, corte en dos planos más allá del agujero de alfiler paralelo a la línea de acción de la carga aplicada y pandeo fuera del plano, comúnmente llamado abombamiento.

Las ecuaciones de resistencia de las placas son empíricas y se basan en investigaciones (Duerr, 2006). El límite de ancho efectivo del área de tensión de tracción definida por eq. (3-47) sirve para eliminar el abombamiento (pandeo de la placa fuera del plano) como modo de falla. De lo contrario, las ecuaciones de resistencia se ajustan a los resultados de la prueba. Las dimensiones utilizadas en las fórmulas para placas conectadas por pasadores se ilustran en la Fig C-3.3.1-1.

La resistencia al corte del acero a menudo se da en los libros de texto como 67% a 75% de la resistencia a la tracción. Las pruebas han mostrado valores comúnmente en el rango de 80% a 95% para aceros dulces (Lyse y Godfrey, 1933; Tolbert, 1970) y alrededor de 70% para acero T-1 (Bibber et al., 1952). La resistencia al corte se toma como el 70% de la resistencia a la tracción en la ec. (3-50).

El área del plano de corte definida por la ec. (3-51) se basa en la geometría de una placa con un borde recto más

allá del orificio que es perpendicular a la línea de acción de la carga aplicada. Nótese que el término entre paréntesis en la ec. (3-51) es la longitud de un plano de corte. Si el borde de la placa es curvo, como se ilustra en la Figura C-3.3.1-1, se debe tener en cuenta la pérdida de área de corte debido a la curvatura. Si el borde curvo es circular y simétrico alrededor de un eje definido por la línea de acción de la carga aplicada, entonces la pérdida de longitud

de un plano de corte, Z' , está dada por la ecuación. (C-2), donde r es el radio de curvatura del borde de la placa.

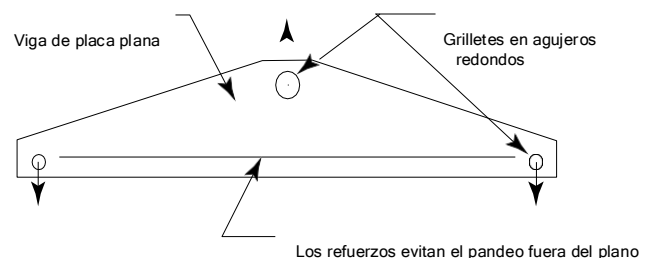
$$Z' = r - \sqrt{r^2 - \left(\frac{D_p}{2} \sin \phi\right)^2} \quad (C-2)$$

Las placas conectadas con clavijas pueden diseñarse con placas dobles para reforzar la región del orificio. Hay dos métodos comúnmente usados en la práctica para determinar la contribución de la fuerza de las placas dobles. En un método, se calcula la resistencia de cada placa y se suman los valores para llegar a la resistencia total del detalle. En el segundo método, se supone que la carga se comparte entre las placas individuales en proporción a sus espesores (es decir, se supone un apoyo uniforme entre el pasador y las placas). El método a utilizar para el diseño de cualquier conexión en particular debe ser determinado por una persona calificada en base a una evaluación racional de los detalles.

C-3.3.2 Esfuerzos combinados. Sin agujero de pasador está ubicado en un punto donde se inducen esfuerzos significativos a partir del comportamiento del miembro, como la tensión o la flexión, se debe considerar la interacción de los esfuerzos locales y brutos del miembro. Como ejemplo, considere la viga de elevación que se muestra en la Figura C-3.3.2-1.

La flexión de la viga de elevación produce tensión en la parte superior de la placa. La carga vertical en el agujero de alfiler produce esfuerzos cortantes por encima del agujero. El esfuerzo crítico en esta región se debe a la combinación de estos esfuerzos cortantes y de tracción.

C-3.3.3 Carga de fatiga. Los requisitos de diseño de fatiga en la sección 3-4 generalmente se basan en las disposiciones de AWS D14.1/D14.1M. Esta especificación no aborda las conexiones fijadas. AISC (1994) define las mismas condiciones de carga, categorías de unión y rangos de tensión que AWS D14.1/D14.1M, pero incluye placas y barras de ojo conectadas con pasadores. Esto forma la base para clasificar las conexiones con pasadores como Categoría de esfuerzo E para el diseño de fatiga. Los agujeros de alfiler en los dispositivos de elevación utilizados en la construcción (Clase de servicio 0) a veces se cortan con soplete. La experiencia demuestra que esta es una práctica aceptable para dispositivos que no están

Figure C-3.3.2-1 Viga de elevación de placa rígida

sujetos a carga cíclica. Las conexiones en los dispositivos diseñados para las Clases de servicio 1 a 4 se mecanizarán según se requiera para evitar las muescas que resultan del oxicorte.

C-3.3.4 Tensión de rodamiento. La limitación de la ten-

sión de los rodamientos sirve para controlar la deformación y el desgaste de las placas. No es un límite de fuerza. La ten-

sión de apoyo admisible dada por la ecuación (3-53) se basa en el requisito de las ediciones 2004 y anteriores de la Especificación n.º 70 de CMAA. (3-54)] es el 50% de la ecuación (3-53) tensión de apoyo admisible. La experiencia de diseño ha demostrado que estas tensiones de apoyo admisibles también protegen el pasador contra una deformación excesiva.

C-3.3.5 Espaciamento de pasador a orificio. La resistencia estática de una placa en una conexión con pasador

en la región del agujero de alfiler es máxima cuando el pasador encaja perfectamente en el agujero. A medida que aumenta la holgura entre el pasador y el orificio, disminuye la resistencia de la placa. La investigación (Duerr, 2006) ha demostrado que la pérdida de resistencia es relativamente leve para las placas en las que el diámetro del orificio no supera el 110 % del diámetro del pasador. Esta pérdida de resistencia en conexiones con grandes espacios entre el pasador y el orificio se explica por los términos C_r y ϕ .

Las conexiones con pasadores que deben adaptarse a grandes ángulos de rotación bajo carga o que rotarán bajo carga durante una gran cantidad de ciclos de carga deben detallarse con un pequeño espacio entre el pasador y el orificio para minimizar el desgaste y la holgura en servicio. El espacio libre a utilizar dependerá del detalle real y de las condiciones de carga. Una persona calificada determinará un espacio libre aceptable.

C-3.3.6 Diseño de pines. El diseño del pasador basado en la suposición de que las cargas de cada placa se aplican al pasador como una carga uniformemente distribuida a lo largo del espesor de la placa es un enfoque común. Sin embargo, cuando las placas son relativamente gruesas, este método puede producir resultados excesivamente conservadores. En tal caso, se puede utilizar un método que tenga en cuenta los efectos de las deformaciones locales de las placas (p. ej., Melcon y Hoblit, 1953). Cuando se diseña un pasador para una conexión en la que se usan placas dobles para reforzar la región del orificio del pasador, la suposición de carga en el pasador debe ser consistente con la suposición de cómo se comparte la carga entre la placa principal (central) y las placas dobles.

C-3.4 Conexiones soldadas

Los procedimientos y configuraciones de soldadura de acero estructural se basan en AWS D14.1/D14.1M, excepto que la resistencia de diseño de las soldaduras se define en esta sección para proporcionar el factor de diseño requerido. Los procedimientos de soldadura para otros metales deben ser establecidos por una persona calificada. El límite inferior de la resistencia al corte del metal de soldadura depositado es el 60% de la resistencia a la tracción (Fisher et al., 1978). Esta

es la base para las tensiones admisibles para soldaduras en AISC (2000) y AWS D14.1/D14.1M y para el requisito en ecuación (3-55).

C-4 DISEÑO DE FATIGA

C-4.1 General

(20)

Los requisitos de diseño de fatiga en esta sección se derivan de AISC (2010) y AIST TR-06 y son apropiados para los tipos de acero en los que se basan las disposiciones del Capítulo 3. El uso de otros materiales puede requerir un medio diferente para evaluar la vida útil del levantador.

C-4.2 Clasificaciones de levantadores

(20)

Los rangos de tensión admisibles que se dan en la Tabla 3-4.3-1 se derivaron en base a la suposición de ciclos de carga de amplitud constante. Los dispositivos de elevación, por otro lado, normalmente están sujetos a un espectro de cargas variables, como se analiza en el párr. C-1.3. Por lo tanto, la evaluación de la vida a la fatiga de un dispositivo de elevación en el que se compararon los esfuerzos de servicio para la carga máxima (estática más impacto) con los rangos permitidos en la Tabla 3-4.3-1 sería excesivamente conservadora.

Se han realizado análisis como parte del desarrollo de esta Norma en los que se calcularon los números equivalentes de ciclos de carga de amplitud constante para los espectros de carga discutidos en el párrafo. C-1.3 usando la ec. (3-56). Los resultados mostraron que las duraciones de vida calculadas debido a estos espectros son ligeramente mayores que los resultados que se obtienen al comparar las tensiones de servicio debido a las cargas estáticas de carga nominal con los rangos de tensión permisibles que se dan en la Tabla 3-4.3-1. Por lo tanto, la evaluación de la vida útil a la fatiga de un elevador normalmente se puede realizar utilizando solo las tensiones estáticas calculadas a partir de la carga nominal.

La vida de fatiga de un dispositivo de elevación que se usará de tal manera que los espectros de carga estándar no sean representativos de la carga esperada se puede evaluar usando la ec. (3-56), que se toma de AIST TR-06.

C-4.3 Rangos de tensión permitidos

Los rangos de tensión máximos permitidos para las diversas Clases de servicio y Categorías de tensión se basan en los valores que se dan en la Tabla 3 de AWS D14.1/D14.1M.

C-4.4 Categorías de tensión

La Tabla 3-4.4-1, Parámetros de diseño a fatiga, se tomó de AISC (2010). Los detalles de las uniones en esta tabla incluyen todos los detalles que se muestran en AWS D14.1/D14.1M, Figura 1, así como detalles adicionales, como conexiones con pasadores, que son valiosos en el diseño de elevadores. Esta tabla también tiene el beneficio adicional de ilustrar las ubicaciones probables de las grietas por fatiga, que serán valiosas para los inspectores de dispositivos de elevación.

C-4.5 Fatiga por tracción en sujetadores roscados

Las disposiciones del párr. 3-4.5 se tomaron del Apéndice 3 de AISC (2010). Los valores para usar en la ec. (3-57) también se muestran en la Tabla 3-4.4-1.

C-4.6 Análisis de fatiga acumulada

Por lo general, los valores de rango de tensión de fatiga permisibles para un detalle de unión particular y Clase de servicio se seleccionan de una tabla como la Tabla 3-4.3-1 que trata el rango de tensión como una función escalonada. Estos valores se basan en el número máximo de ciclos de carga para cada Clase de servicio y consideran que cada ciclo de carga es de la misma magnitud, como se explica en el párr. C-4.2.

Si se desea un diseño para un número de ciclos de carga en algún lugar entre el mínimo y el máximo de una Clase de servicio en particular y para una amplitud variable conocida, un enfoque de fatiga acumulada utilizando la ec. (3-57) en conjunción con la ec. (3-56) dará un rango de tensión permisible más refinado. Esto puede ser particularmente útil en la evaluación de un dispositivo de elevación existente para su vida restante.

El rango de tensión umbral, FTH, es el nivel en el cual no ocurrirá una falla por fatiga. Es decir, si el rango de tensión de la carga de servicio no excede FTH, entonces el detalle funcionará a través de un número ilimitado de ciclos de carga.

La ecuación (3-57) y los coeficientes dados en el párr. 3-4.6 abordan las consideraciones primarias de vida útil a fatiga de interés en el diseño de dispositivos de elevación. AISC (2010), Apéndice 3, proporciona ecuaciones para evaluar otros detalles específicos que pueden ser útiles en ciertas aplicaciones. Una persona calificada debe evaluar la necesidad de un análisis de fatiga más allá del provisto por la sección 3-4 y aplicar dichos análisis según sea necesario.

C-5 OTRAS CONSIDERACIONES DE DISEÑO

C-5.1 Factores de impacto

Los requisitos de diseño definidos en el Capítulo 3 se basan en parte en los factores de impacto vertical del límite superior del 50 % de la carga levantada para la Categoría de diseño A y del 100 % para la Categoría de diseño B. (Las cargas utilizadas para el desarrollo de esta

norma se analizan en profundidad en el párrafo C-1.3.) Por lo tanto, el diseño de dispositivos de elevación hechos de acuerdo con esta Norma normalmente no requerirá el uso de un factor de impacto. La redacción de esta sección permite el uso de un factor de impacto adicional a discreción de una persona calificada si se anticipa que el dispositivo se usará en condiciones que pueden resultar en una carga dinámica inusual.

C-5.2 Concentraciones de tensión

Las tensiones máximas debidas a discontinuidades no afectan la resistencia máxima de un elemento estructural a menos que el material sea frágil. [Los materiales generalmente se consideran frágiles, en lugar de dúctiles, si el alargamiento máximo es del 5 % o menos (Young et al., 2012).] Los tipos de acero en los que se basa esta Norma son todos materiales dúctiles. Por lo tanto, la resistencia estática puede calcularse razonablemente en función de las tensiones promedio. Sin embargo, el diseño de fatiga debe reconocer los rangos de tensión. Dado que las grietas relacionadas con la fatiga comienzan en puntos de concentración de esfuerzos debido a discontinuidades geométricas o metalúrgicas, es posible que sea necesario considerar los esfuerzos máximos creados por estas discontinuidades en el diseño de un elevador. Los factores de concentración de tensión útiles para el diseño se pueden encontrar en Factores de concentración de tensión de Peterson (Pilkey y Pilkey, 2008) y otras fuentes similares.

C-5.3 Deflexión

La capacidad de un dispositivo de elevación para cumplir su función prevista puede requerir que posea cierta rigidez mínima además de la fuerza. Por ejemplo, un dispositivo de sujeción no podrá mantener su agarre si los miembros del dispositivo se flexionan excesivamente bajo carga.

Debido a la amplia gama de dispositivos de elevación que pueden caer dentro del alcance de esta norma, no es práctico definir límites de deflexión reales para diferentes tipos de dispositivos. La intención de esta sección es simplemente llamar la atención sobre la necesidad de considerar la deflexión en el diseño de dispositivos de elevación.

APÉNDICE NO OBLIGATORIO D

COMENTARIO PARA EL CAPÍTULO 4: DISEÑO MECÁNICO¹

D-1 GENERAL

(20) D-1.1 Propósito

El Capítulo 4 se centra en el diseño de los elementos de la máquina y aquellas partes de un dispositivo de elevación que no cubre el Capítulo 3. El Capítulo 3 se usa con frecuencia en el diseño de componentes mecánicos para abordar los requisitos de resistencia del armazón que une los elementos de la máquina.

Los sistemas de accionamiento mecánico, los elementos y

componentes de la máquina y otros equipos auxiliares se tratan en el Capítulo 4.

Muchos dispositivos de elevación funcionan mientras están suspendidos de grúas y polipastos de construcción y, por lo tanto, deben tener una interfaz perfecta con este equipo. Por lo tanto, varios criterios de diseño establecidos por la Especificación n.º 70 de CMAA, AIST TR-06 y ASME HST-4 son la base de muchas partes de los criterios de diseño establecidos en el Capítulo 4.

D-1.2 Relación con el Capítulo 3

Cuando la falla de un componente mecánico pueda resultar directamente en la caída involuntaria o el movimiento peligroso de una carga, se deben usar los requisitos del Capítulo 3 para dimensionar el componente junto con los requisitos mecánicos del Capítulo 4. Los ejemplos incluyen, pero no se limitan a, sistemas de accionamiento en tenazas para losas que sostienen la carga, sujetadores que sujetan ganchos a las vigas y ejes de poleas. Puede haber requisitos en los Capítulos 3 y 4 que deben seguirse al diseñar un componente.

Junto con las fuerzas producidas por el funcionamiento normal, los componentes mecánicos de los dispositivos de elevación deben diseñarse para resistir las fuerzas resultantes de las irregularidades de funcionamiento que son comunes en los sistemas mecánicos, incluidos los atascos, el par de rotor bloqueado y las sobrecargas.

Si se desconoce el factor de diseño de un componente comercial, la capacidad máxima de ese componente debe dividirse por el valor aplicable de N_d .

D-2 POLEAS

D-2.1 Material de la polea

Esta sección se aplica a las poleas contenidas en la envoltura del dispositivo de izaje debajo del gancho. Las poleas que son parte de un bloque inferior separado o un sistema de grúa no están cubiertas por esta norma.

D-2.2 Poleas de movimiento

(20)

El diámetro de paso de una polea tiene una relación directa con el desgaste y la fatiga del cable que determina el número de ciclos que puede soportar el conjunto. El Comité reconoce que en algunas aplicaciones especiales de altura reducida, es posible que el tamaño de la polea deba ser más pequeño para acomodar el espacio limitado disponible. Sería necesario establecer precauciones adicionales en estos casos para permitir un mayor desgaste de la cuerda.

Para los casos en los que las poleas del elevador se insertan en el paquete de poleas de la grúa puente, es necesario alinear el espacio y el ángulo de flota entre los dos sistemas paralelos para garantizar un funcionamiento adecuado.

D-2.4 Requisito del eje

La inspección y el mantenimiento de las poleas y los cojinetes requieren que estos componentes estén accesibles. Un diseño que requiere la modificación o alteración de la estructura del levantador para realizar la inspección o el mantenimiento de las poleas y los cojinetes supone una dificultad excesiva para el usuario y puede impedir el cuidado adecuado del equipo.

D-2.5 Lubricación

Los sistemas de lubricación, las líneas de engrase, los cojinetes autolubrificantes o los cojinetes impregnados de aceite son métodos que garantizarán la lubricación de los cojinetes. Se debe tener especial cuidado al evaluar el método de lubricación, ya que algunos tipos de cojinetes autolubrificantes no pueden soportar entornos de carga severos.

D-2.6 Diseño de polea

(20)

La interfaz entre el cable y la polea tiene una relación directa con la longevidad del cable. Para evitar el desgaste prematuro del cable, las superficies de las poleas deben ser lisas y cónicas para permitir que el cable se deslice fácilmente y se asiente en la ranura del cable de la polea. El *Manual del*

¹ Este Apéndice contiene comentarios que pueden ayudar en el uso y la comprensión del Capítulo 4. Los párrafos de este Apéndice se corresponden con los párrafos del Capítulo 4.

usuario de cables de acero, 4.^a edición, Tabla 12, proporciona información sobre el tamaño de la ranura del cable de acero con respecto al cable de acero para permitir una superficie de asiento adecuada.

Los componentes mecánicos del dispositivo de izaje que están estresados por la(s) fuerza(s) creada(s) durante el izaje o movimiento de la carga deben dimensionarse de acuerdo con el párr. 4-1.2.

(20) D-2.7 Guarda polea

Los protectores que envuelven una gran parte de la polea deben colocarse cerca de la brida de la polea. El propósito del protector es evitar que la cuerda salte de la polea. La protección debe colocarse cerca de la polea en funcionamiento para garantizar que el cable no se atasque ni se aloje entre la polea y la protección.

(20) D-3 CABLES

ASME HST-4, ASME B30.2 y ASME B30.30 proporcionan la base de esta sección, que cubre las aplicaciones de cuerda que son un componente integral o totalmente unido de un dispositivo de izaje debajo del gancho.

D-3.1 Relación con otras normas

Esta sección aborda los requisitos del cable para la rara aplicación en la que el cable de elevación de la grúa (polipasto) pasa por el dispositivo de izaje.

D-3.2 Selección de cables

Los usuarios de esta Norma pueden optar por consultar el *Manual de Usuarios de Cables Metálicos* o ASME B30.30 como guía para seleccionar adecuadamente los cables.

D-4 SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

La Sección 4-4 cubre los requisitos genéricos para un sistema de transmisión, mientras que las secciones 4-5 a 4-8 brindan requisitos específicos para los componentes mecánicos de un sistema de transmisión.

D-4.1 Ajuste de la transmisión

Se recomienda un mecanismo de ajuste, como un tensor de cadena o correa, para mantener la tensión de diseño en dispositivos de transmisión flexibles. Las cadenas o correas flojas experimentarán un desgaste acelerado y provocarán una falla prematura del sistema.

D-4.3 Componentes comerciales

Se recomienda el uso de componentes comerciales (listos para usar) para brindar más flexibilidad al usuario. Una persona calificada debe considerar los mismos escenarios operativos y anómalos utilizados en el diseño de los componentes estructurales, incluidos el entorno, los impactos y los ciclos operativos, al incorporar componentes comerciales en el dispositivo de elevación. Las consideraciones de diseño adicionales incluyen, pero no se limitan a, atascos y pares de torsión excesivos.

D-4.5 Protección del operador

(20)

La persona calificada debe considerar el requisito ASME B30.20 de que el operador realice inspecciones antes de cada uso. Los resguardos y dispositivos de protección deben permitir que el operador realice estas inspecciones y no crear peligros adicionales cuando se realicen las inspecciones. ANSI B11.19 proporciona la base de estos requisitos.

Aunque los resguardos y el equipo de protección personal son equipos de seguridad, se incorporaron a este estándar de diseño. El Comité cree que estos problemas deben abordarse en la fase de diseño para garantizar que la inspección y el mantenimiento se puedan realizar adecuadamente mientras se asegura que se mantenga la seguridad del operador.

El requisito para la persona de 91 kg (200 lb) proviene de OSHA (29 CFR 1910.179).

D-5 ENGRANAJE

D-5.3 Carga de engranajes

La ecuación de Lewis, tal como la definen Shigley y Mischke (2001), proporciona la base de la ec. (4-1). La ecuación de Lewis se ha modificado para acomodar el límite elástico del material y el factor de diseño ASME BTH-1, Nd, del párr. 3-1.3. La tabla 4-5.3-1 proviene de Avallone y Baumeister (1987).

D-5.4 Relación con otras normas

(20)

El Comité decidió proporcionar la fórmula de Lewis a la persona calificada como un método más simple para dimensionar engranajes. Sobre la base de una revisión de un gran número de diseños de engranajes, la ecuación de Lewis junto con el factor de diseño, Nd, proporciona resultados conservadores. Como alternativa, la persona calificada puede usar ANSI/AGMA 2001-D04 para proporcionar un enfoque analítico más refinado donde los parámetros de diseño del elevador están más restringidos.

D-5.7 Lubricación

Los métodos para lubricar engranajes incluyen, entre otros, sistemas de lubricación automática y aplicación manual. Si se usa la aplicación manual, la persona calificada debe proporcionar acceso a los engranajes para el mantenimiento.

D-6 COJINETES

D-6.2 Vida útil de rodamientos L_{10}

La Tabla 4-6.2-1 proviene de una compilación de la Tabla 2 de MIL-HDBK-1038 y varias empresas de rodamientos. La tabla resultante se cotejó con la Especificación CMAA n.º 70 para verificar que no se desvía significativamente.

D-6.3 Cargas de rodamientos

La ecuación para la vida útil [eq. (4-2)], L_{10} , se basa en la ecuación de clasificación de carga básica para cojinetes que se encuentra en ANSI/ABMA 9, ANSI/ABMA 11 y Avallone y Baumeister (1987).

D-6.5 Lubricación

Los sistemas de lubricación, las líneas de engrase, los cojinetes autolubrificantes o los cojinetes impregnados de aceite son métodos que garantizarían la lubricación de los cojinetes. Se debe tener especial cuidado al evaluar el método de lubricación, ya que algunos tipos de cojinetes autolubrificantes no soportan entornos de carga severos.

D-7 TRANSMISIÓN

D-7.5 Esfuerzo estático del eje

Las tablas 4-7.5-1 y 4-7.5-2 proporcionan el tamaño de chaveta mínimo permitido frente a los requisitos del diámetro del eje y provienen directamente de ASME B17.1 y DIN 6885-1.

Las ecuaciones de esfuerzo estático y cortante representan modificaciones a las ecuaciones que se encuentran en la Especificación n.º 70 de CMAA. Solo se ha modificado la nomenclatura para seguir más de cerca el Capítulo 3 de esta Norma.

D-7.6 Fatiga del eje

Los factores de concentración de tensión deben determinarse de forma conservadora para tener en cuenta las tensiones fluctuantes resultantes de la parada y el arranque del sistema de accionamiento. Dado que la fatiga es la principal preocupación en esta sección, solo es necesario evaluar las amplitudes de tensión observadas durante las condiciones normales de funcionamiento. Las tensiones máximas resultantes del bloqueo del rotor o incidentes de atasco (condiciones anormales) no son aplicables en la prueba de fatiga.

D-6.5 Lubricación

Los sistemas de lubricación, las líneas de engrase, los cojinetes autolubrificantes o los cojinetes impregnados de aceite son métodos que garantizarían la lubricación de los cojinetes. Se debe tener especial cuidado al evaluar el método de lubricación, ya que algunos tipos de rodamientos autolubrificantes no pueden soportar entornos de carga severos.

D-8 TRANSMISIÓN

D-7.5 Estrés estático del eje

Las tablas 4-7.5-1 y 4-7.5-2 indican el tamaño de chaveta mínimo permitido frente a los requisitos del diámetro del eje según ASME B17.1 y DIN 6885-1.

Las ecuaciones de esfuerzo estático y cortante difieren de las ecuaciones que se encuentran en la Especificación n.º 70 de CMAA. Solo se ha modificado la nomenclatura para seguir más de cerca el Capítulo 3 de esta norma.

D-7.6 Fatiga del eje

Los factores de concentración de tensión deben determinarse de forma conservadora para tener en cuenta las tensiones fluctuantes resultantes de la parada y el arranque del sistema de accionamiento. Dado que la fatiga es la principal preocupación en esta sección, solo es necesario evaluar las amplitudes de tensión observadas durante las condiciones normales de funcionamiento. Las tensiones máximas resultantes del rotor bloqueado o incidentes de atasco (condiciones

anormales) no son aplicables en el cálculo de fatiga. La Tabla 4-7.6.1-1 se basa en la Especificación n.º 70 de CMAA.

D-9 SUJETADORES

D-8.5 Instalación de sujetadores

Debido a que los sujetadores brindan poco valor si no se aprietan correctamente, la instalación del sujetador es importante. Los métodos de instalación aceptables incluyen, entre otros, el método de girar la tuerca, llaves dinamométricas y sensores electrónicos.

D-10 FUERZA DE SOPORTE DE AGARRE

D-9.2 Fuerza de soporte del levantador de muescas y agarre a presión

El valor mínimo de F_s en la ec. (4-16) se basa en el juicio y la experiencia de los miembros del Comité BTH. Es responsabilidad de una persona calificada determinar cuándo se requiere un valor más alto y el valor apropiado en tales casos. La figura 4-9.2-1 no pretende ser un diagrama de cuerpo libre.

D-11 DISEÑO DE DISPOSITIVO DE ELEVACIÓN POR VACÍO

D-10.2 Conservación al vacío

Este requisito basado en el rendimiento permite el uso de varios métodos de conservación de vacío (por ejemplo, respaldo de batería, almacenamiento de aire comprimido, depósito de vacío, etc.).

D-12 SISTEMAS DE POTENCIA DE FLUIDOS

D-11.2 Componentes de potencia fluida

Los componentes hidráulicos estándar están diseñados con un factor de diseño de 4 (presión de explosión/presión de funcionamiento). El requisito del factor de diseño de 1,67 N_d definido en esta sección equivale a un factor de diseño requerido de 5 para la categoría de diseño B.

No se han encontrado estándares para los factores de diseño de los componentes neumáticos. El valor de 0.50 N_d se basa en el juicio y la experiencia de los miembros del Comité BTH.

APÉNDICE NO OBLIGATORIO E

COMENTARIO PARA EL CAPÍTULO 5: DISEÑO ELÉCTRICO¹

(20)

E-1 GENERAL

E-1.1 Propósito

El enfoque principal del Capítulo 5 está dirigido a los elevadores que están conectados a grúas, polipastos y otros equipos de elevación. Por lo tanto, el equipo eléctrico utilizado en estos levantadores se rige por ANSI/NFPA 70. A veces, un levantador puede ser un componente de un sistema de máquina herramienta y puede estar sujeto a los requisitos de ANSI/NFPA 79 si se especifica, pero el levantador estándar no lo es. Diseñado para cumplir con los requisitos eléctricos de la industria de máquinas herramienta.

E-2 MOTORES Y FRENOS ELÉCTRICOS

E-2.1 Motores

Debido a la variedad y complejidad de los dispositivos de elevación debajo del gancho, el método de cálculo de la potencia varía según el tipo de elevador y no se especifica en esta sección. La selección de caballos de fuerza debe ser especificada por una persona calificada que tenga en cuenta las pérdidas por fricción del levantador, el par de rotor bloqueado máximo requerido y la geometría de la curva de par de velocidad del motor aplicado.

E-2.2 Dimensionamiento de motores

Un elevador puede tener diferentes requisitos de potencia a medida que se mueve a través de su rango operativo. La intención de esta disposición es asegurar que el motor tenga el tamaño adecuado para el esfuerzo máximo requerido.

E-2.4 Aislamiento

Esta disposición reconoce que el aislamiento Clase A ya no se usa en la fabricación de motores de calidad.

E-2.5 Frenos

El retroceder puede presentar un problema de seguridad que no es obvio para todos y se afirma para enfatizar su importancia. El valor del 150 % equivale al requisito para los frenos de polipasto según se define en la Especificación n.º 70 de CMAA y AIST TR-06.

E-2.6 Valor nominal de voltaje

El cableado entre el polipasto de la grúa y el elevador debe dimensionarse para limitar las caídas de voltaje, así como la capacidad de transporte de corriente.

E-3 INTERFAZ DEL OPERADOR

E-3.1 Ubicación de la interfaz del operador

Los elevadores debajo del gancho no son máquinas independientes. Están diseñados para usarse con grúas, montacargas y otros equipos de elevación. Cuando se conecta a un aparato de elevación, el sistema eléctrico resultante debe ser coordinado por una persona calificada con la debida consideración por la seguridad y el rendimiento.

E-3.3 Palancas de operación

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de otras especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

E-3.4 Circuitos de control

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de otras especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

E-3.5 Tipo de botón pulsador

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de otras especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

E-3.6 Marcas de los botones pulsadores

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de otras especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

¹ Este Apéndice contiene comentarios que pueden ayudar en el uso y la comprensión del Capítulo 5. Los párrafos de este Apéndice se corresponden con los párrafos del Capítulo 5.

E-4 CONTROLADORES Y EQUIPOS AUXILIARES

E-4.2 Ubicación de control

Los dispositivos de izaje debajo del gancho están diseñados para ser suspendidos de un gancho de izaje y pueden estar sujetos a abuso involuntario y entornos hostiles según las condiciones de uso. Estas disposiciones están destinadas a garantizar la protección de los dispositivos eléctricos montados en el elevador.

E-4.4 Contactores de control magnético

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de las especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

E-4.5 Controles estáticos e inversores

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de las especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

E-4.7 Rectificadores

Esta disposición reconoce que un motor de CC se puede invertir a través de un circuito de dos hilos cuando se aplica la lógica de diodo y enumera las especificaciones para el tipo y tamaño de los diodos que se utilizarán.

E-4.8 Gabinetes Eléctricos

Estas disposiciones son paralelas a los requisitos que se encuentran en las secciones eléctricas de las especificaciones establecidas de grúas y polipastos, como la Especificación CMAA No. 70 y la Especificación CMAA No. 74, y se enumeran en esta Norma para mantener la compatibilidad entre la grúa y el elevador.

E-5 PUESTA A TIERRA

E-5.1 Método de puesta a tierra

Esta disposición reconoce que se puede requerir una conexión a tierra de alta calidad en el levantador cuando se emplean controles electrónicos.

APÉNDICE NO OBLIGATORIO F

COMENTARIO PARA EL CAPÍTULO 6: DISEÑO DE IMÁN DE IZAJE¹

F-3 SELECCIÓN Y DISEÑO

Los cálculos para el diseño de imanes se realizan comúnmente en unidades SI (m, kg, s). Por lo tanto, las ecuaciones del Capítulo 6 se presentan en unidades SI.

F-3.3 Área de contacto efectiva del imán

Para determinar el área de contacto requerida para una aplicación en particular, el diseñador primero debe seleccionar los materiales que se emplearán en la fabricación de los polos del imán. Las características de inducción magnética y permeabilidad de los materiales utilizados en la fabricación de los polos del imán deben ser suficientes para producir la inducción magnética requerida para la aplicación. Los materiales con permeabilidades cercanas a las del hierro puro alcanzarán los mayores niveles de inducción magnética cuando se aplique la fuente de excitación magnética. La fuente puede ser una bobina eléctrica, un material de imán permanente o ambos. El área de contacto del imán se determina en fun-

ción del nivel de densidad de flujo (líneas de fuerza magnética) que fluye desde los polos. El flujo es un producto de la excitación magnética y la permeabilidad limitante del material en el circuito magnético. La densidad de flujo se expresa en tesla.

F-3.4 Fuente de flujo

F-3.4.3 Fuente de flujo de imán permanente. A permanent magnet uses permanent magnet material as the primary magnetic field source. The release mechanism in a permanent magnet design is traditionally achieved in two ways.

(a) *Mecánicamente.* A través de alguna forma de movimiento mecánico, el flujo de la fuente del campo magnético se dirige de tal manera que el magnetismo está contenido dentro del conjunto.

(b) *Eléctricamente.* Se utiliza(n) una(s) bobina(s) de potencia para invertir la polaridad de la fuente del campo magnético para dirigir el magnetismo dentro del conjunto o para cancelar completamente la fuente del campo magnético.

¹ Este Apéndice contiene comentarios que pueden ayudar en el uso y la comprensión del Capítulo 6. Los párrafos de este Apéndice se corresponden con los párrafos del Capítulo 6.

Servicios ASME

ASME se compromete a desarrollar y entregar información técnica. En el Servicio de atención al cliente de ASME, hacemos todo lo posible para responder a sus preguntas y agilizar sus pedidos. Nuestros representantes están listos para ayudarlo en las siguientes áreas:

Prensa ASME	Servicios y beneficios para miembros	Información pública
Códigos y Normas	Otros programas ASME	Cursos de autoaprendizaje
Pedidos con tarjeta de crédito	Consultas de pago	Información de envío
Publicaciones IMechE	Desarrollo profesional	Suscripciones/Diarios/Revistas
Reuniones y conferencias	Cursos cortos	Volúmenes de simposios
Estado de las cuotas de los miembros	Publicaciones	Documentos técnicos

¿Cómo puede comunicarse con nosotros? ¡Es más fácil que nunca!

Existen cuatro opciones para realizar consultas* o realizar pedidos. Simplemente envíenos un correo, teléfono, fax o correo electrónico y un representante de atención al cliente se encargará de su solicitud.

<i>Correo</i>	<i>Llame gratis</i>	<i>Fax—Las 24 horas</i>	<i>E-Mail—24 Las 24 horas</i>
ASME	US & Canada: 800-THE-ASME	973-882-1717	customercare@asme.org
150 Clove Road, 6th Floor	(800-843-2763)	973-882-5155	
Little Falls, New Jersey	Mexico: 95-800-THE-ASME		
07424-2139	(95-800-843-2763)		

*El personal de atención al cliente no está autorizado a responder consultas sobre el contenido técnico de este código o norma. La información sobre si se emiten o no consultas técnicas sobre este código o estándar se muestra en la página de derechos de autor. Todas las consultas técnicas deben presentarse por escrito al secretario de personal. Se pueden enumerar procedimientos adicionales para consultas en el interior.

ASME BTH-1-2020

I S B N 978-0-7918-7401-1



9 780791 874011



J 1 7 5 2 0

This document is available free of charge on



Descargado por Walter Piracoca (wapoinge@gmail.com)