



AUTORA

LICENCIA

INTRODUCCIÓN

FRASES

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

Pardo Vargas, Zulma Stella
Pernos y Soldaduras estructurales.
Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM.
Bogotá, Zulma S. Pardo V., 2024.
152 páginas
Incluye referencias bibliográficas.
ISBN 978-628-01-3382-9
1. Ingeniería estructural. 2. Diseño estructural.
3. Estructuras Metálicas. 4. AISC 360.
5. Pernos, tornillos, soldaduras en estructuras

Pernos y soldaduras estructurales.
Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM.

Primera edición: Abril 15 de 2024.
© Zulma S. Pardo V.
Av. Caracas No.49-55, Tel. 57-3102525292
www.zjltda.com/ebooks
Correo electrónico: zjcomercial@outlook.com
ISBN: 978-628-01-3382-9
Diseño: ZJ Ingenieros Estructurales SAS
Dibujo carátula: Zulma S. Pardo V.

Editado en Bogotá, Colombia

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

**PERNOS Y SOLDADURAS ESTRUCTURALES
SEGÚN AISC 360-22, RCSC-20 Y ASTM.**

Autora:

Zulma Stella Pardo Vargas

2024



"Un libro escrito durante varios años ve la luz.."

**"El que está dispuesto a ganar debe estar
dispuesto a perder."**

Zulma S. Pardo V.



ÍNDICE

CARÁTULA

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

INTRODUCCIÓN

En el presente libro, se aborda el tema de tornillos o pernos estructurales con el fin que los diseñadores y constructores identifiquen las características principales exigidas por AISC 360-22, RCSC y ASTM.

El lector puede aprender en este documento sobre los colores que identifican los diferentes recubrimientos, los diversos grados y tipos de tornillos, las clases de apriete, las características geométricas y los ensayos que se pueden realizar en caso de requerir verificar las capacidades, composiciones o estructuras internas del conector.

En la segunda parte del libro se aborda el tema de soldaduras estructurales, identificando el nombre de las mismas que emplean los estándares de diferentes países de América latina, la nomenclatura especificada por AWS y aceptada por AISC y cómo se calculan soldaduras de filete y de penetración total según AISC 360-22.

Para tornillos y soldaduras se presentan algunos casos de defectología para que el lector identifique este tipo de fallos, que en una publicación futura se abordará.

Este documento funciona independiente de cualquier libro de la autora, sin embargo, de requerirlo el lector, puede ser complementado por la publicación de Diseño de conexiones 1. Según AISC 360-22. Que se publicará durante este mismo año. Para una persona que comienza en el diseño de las conexiones de las estructuras metálicas, se le recomienda los dos tomos, para una persona con experiencia en diseño de conexiones metálicas, que esté actualizada, se le recomienda sólo el presente libro.

La autora espera que esta publicación sea útil, para todo aquel que la emplee y considera suple un gran vacío que mi experiencia docente ha detectado, el no identificar correctamente un tornillo estructural de uno que no lo es, y una soldadura de buena calidad de una que no lo es.

Cualquier comentario se puede remitir a:

Zulma S. Pardo V.

INICIO

10

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

zspardo@zjltada.com

O a través de la página web:

<http://www.zjltada.com>

Lo invitamos a que se una a nuestro canal en YouTube, donde podrá encontrar videos educativos y más información de libros desarrollados por la autora:

<https://www.youtube.com/user/zspardo1/videos>

Para mayor información o ampliación de conocimientos está disponible nuestra plataforma educativa online donde encontrará cursos disponibles 24/7 los 365 días del año sobre ingeniería estructural, los mismos se imparten personalizados.

<https://zjltada.com/educa>

Adicionalmente, está disponible la plataforma de conexiones diseñadas creada por la autora desde 2016.

<http://www.zjltada.com/conexiones/index.html>

Desde junio de 2021, está disponible la plataforma de libros online 24/7, los 365 días más, en el siguiente sitio:

<http://www.zjltada.com/zjebooks/libros.htm>

Reciba la bienvenida al fantástico mundo de las estructuras metálicas con laminados en caliente.

Zulma S. Pardo V.
Febrero 29 de 2024.

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

PRECAUCIÓN

El presente documento, expresa el punto de vista de la autora, no constituye una memoria de cálculo de un proyecto específico.

ÍNDICE

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | PERNOS ESTRUCTURALES | 20 |
| 1.1. | INTRODUCCIÓN | 20 |
| 1.2. | NOMENCLATURA DESDE EL AÑO 2005 | 25 |
| 1.3. | SIN GRUPO | 26 |
| 1.3.1. | Pernos ASTM A307 o de baja resistencia | 26 |
| 1.4. | GRUPO 120 | 27 |
| 1.4.1. | Pernos ASTM F3125 Gr 325 y F3125 Gr 325M | 27 |
| 1.4.2. | Pernos ASTM F3125 Gr 1852 | 28 |
| 1.4.3. | Pernos ASTM A354 Gr BC | 29 |
| 1.5. | GRUPO 144 | 29 |
| 1.5.1. | Pernos ASTM F3148 Gr144 (= TNA Fastening System) | 29 |
| 1.6. | GRUPO 150 | 30 |
| 1.6.1. | Pernos ASTM F3125 Gr490 y Gr 490M | 30 |
| 1.6.2. | Pernos ASTM F3125 Gr2280 | 31 |
| 1.6.3. | Pernos ASTM A354 Gr BD | 32 |
| 1.6.4. | Pernos ASTM F3125 requisitos generales | 33 |
| 1.7. | GRUPO 200 | 34 |
| 1.7.1. | Pernos ASTM F3043 y F3111 | 34 |
| 2 | ¿CÓMO SABER SI UN TORNILLO CUMPLE A PARTIR DE SUS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS? | 37 |
| 2.1. | REQUISITOS | 37 |
| 2.2. | ¿QUÉ SE ESPERA EN EL FUTURO PRÓXIMO? | 52 |
| 3. | TIPOS DE RECUBRIMIENTOS PARA TORNILLOS | 57 |
| 3.1. | GALVANIZADO EN CALIENTE | 59 |
| 3.2. | GALVANIZADO MECÁNICO | 60 |
| 3.3. | GALVANIZADO CON ZINC Y ALUMINIO EN FRÍO | 61 |
| 4. | MÉTODOS DE APRIETE | 62 |
| 4.1. | MÉTODO DE MEDIO GIRO DE LA TUERCA (“snug tight”) | 62 |
| 4.2. | MÉTODO DE LA LLAVE CALIBRADA (“calibrated wrench”) | 63 |
| 4.3. | MÉTODO CON INDICADORES DE TENSIÓN (“direct tension indicator”) | 65 |
| 4.4. | MÉTODO CON TORNILLOS DE CABEZA DE TENSIÓN CONTROLADA (“Twist off tension control bolt”) | 70 |
| 4.5. | MÉTODO COMBINADO DE PRETENSIONAMIENTO | 73 |
| 5. | ENSAYOS | 73 |
| 5.1. | CERTIFICADO DE ORIGEN | 73 |

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

| | |
|---|-----|
| 5.2. ENSAYO A TENSIÒN | 74 |
| 5.3. ENSAYO A CORTE | 75 |
| 5.4. ENSAYO CAPACIDAD TENSIONAMIENTO DEL TORNILLO | 76 |
| 5.5. ANÀLISIS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DEL TORNILLO | 79 |
| | |
| 6. SOLDADURA | 81 |
| 6.1. DEFINICION E HISTORIA | 81 |
| 6.2. SOLDADURA POR ARCO | 86 |
| 6.2.1. Fuentes de alimentación de corriente constante | |
| 6.2.2. Fuentes de alimentación de voltaje constante | |
| 6.2.3. Influencia del tipo de corriente usado en la soldadura | |
| 6.3. TIPOS DE SOLDADURA | 87 |
| 6.3.1. SMAW – Shield Metal Arc Welding – Arco de electrodo revestido | 87 |
| 6.3.2. GMAW – Gas Metal Arc Welding – Arco metálico con gas | 90 |
| 6.3.3. FCAW-GS. Flux Cored Arc Welding - Gas Shielded – Alambre tubular protegido con gas | 94 |
| 6.3.4. FCAW-SS. Flux Cored Arc Welding – Self Shielded – Alambre tubular autoprotegido o innershield | 97 |
| 6.3.5. GTAW. Gas Tungsten Arc Welding. Soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible/ TIG. Tungsten Inert Gas. Soldadura de gas inerte de Tungsteno. Soldadura de arco gas tungsteno. | 99 |
| 6.3.6. SAW. Shield Metal Arc Weld. Soldadura de arco sumergido | 103 |
| 6.4. DISEÑO DE SOLDADURAS | 107 |
| 6.4.1. Teoría de la soldadura de filete | 107 |
| 6.4.2. Soldadura de penetración | 124 |
| | |
| Bibliografía | 139 |
| | |
| Licencia de Uso | 146 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-------------|--|-----|
| Tabla 1. 1 | Propiedades mecánicas pernos ASTM A307 | 26 |
| Tabla 1. 2 | Propiedades químicas pernos ASTM A307 | 26 |
| Tabla 1. 3 | Propiedades mecánicas pernos ASTM F3125 Gr A325 | 27 |
| Tabla 1. 4 | Propiedades químicas pernos ASTM F3125 Gr A325 ó F3125 Gr 1852 | 28 |
| Tabla 1. 5 | Propiedades mecánicas pernos ASTM F3125 Gr F1852 | 29 |
| Tabla 1. 6 | Propiedades químicas pernos ASTM A354 Gr BC | 29 |
| Tabla 1. 7 | Propiedades mecánicas pernos ASTM F3125 Gr A490 | 30 |
| Tabla 1. 8 | Propiedades químicas pernos ASTM F3125 Gr A490 | 31 |
| Tabla 1. 9 | Propiedades mecánicas pernos ASTM F3125 Gr F2280 | 31 |
| Tabla 1. 10 | Propiedades químicas pernos ASTM F3125 Gr F2280 | 32 |
| Tabla 1. 11 | Propiedades químicas pernos ASTM A354 Gr BD | 33 |
| Tabla 1. 12 | Propiedades mecánicas pernos ASTM F3125 | 33 |
| Tabla 1. 13 | Recubrimientos permitidos pernos ASTM F3125 | 33 |
| Tabla 1. 14 | Propiedades mecánicas pernos ASTM F3043 y F3111 | 37 |
| Tabla 1. 15 | Propiedades químicas pernos ASTM F3043 y F3111 | 37 |
| Tabla 2. 1 | Dimensiones para tornillos de cabeza hexagonal - adaptación Tabla C-2.1 (RCSC, 2020) | 40 |
| Tabla 3. 1 | Espesores galvanizados | 60 |
| Tabla 3. 2 | Revestimientos aceptados para tornillos (RCSC, 2020) | 61 |
| Tabla 3. 3 | Revestimientos aceptados para tornillos (RCSC, 2020) | 61 |
| Tabla 4. 1. | Apriete del método combinado | 73 |
| Tabla 6. 1 | Tipos de gases empleados en GTAW | 101 |
| Tabla 6. 2 | Espesores mínimos para soldaduras de filete. | 112 |
| Tabla 6. 3. | Garganta efectiva para soldaduras de penetración. | 125 |
| Tabla 6. 4. | Espesores mínimos soldaduras de penetración parcial | 125 |
| Tabla 6. 5. | Espesores mínimos efectivos para soldaduras abocinadas | 126 |

LISTA FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. 1 Comportamiento comparativo a tensión de pernos. (Wood, Galitz, Shaw, & Eatherton, 2019). Adaptación de unidades por Zulma S. Pardo V. | 36 |
| Figura 2. 1. Tornillos de cabeza hexagonal roscados (aplica para roscas cortadas y laminadas) | 38 |
| Figura 2. 2 Tornillos con cabeza de tensión controlada (aplica para cabeza redondeada o hexagonal, las cotas) | 38 |
| Figura 4. 1. Comportamiento de pernos A325 | 62 |
| Figura 4. 2. Comportamiento de los pernos A325 y A490 por el método del giro de la tuerca. | 63 |
| Figura 5. 1 Ejemplo de un Certificado de origen de un tornillo | 74 |
| Figura 5. 2 Montaje de un ensayo a tensión de un perno | 75 |
| Figura 5. 3 Ensayo de corte de un perno | 75 |
| Figura 6. 1 Equipo de soldadura FCAW-GS | 95 |
| Figura 6. 2 Proceso de soldadura FCAW-GS | 95 |
| Figura 6. 3 Proceso de soldadura FCAW-S | 98 |
| Figura 6. 4 Dimensiones recomendadas para un electrodo TIG | 101 |
| Figura 6. 5 Penetraciones de la soldadura GTAW de acuerdo al gas inerte empleado. | 102 |
| Figura 6. 6. Definición ángulo θ entre la fuerza y el eje longitudinal de la soldadura | 109 |
| Figura 6. 7 Caso 2 de soldaduras de filete | 110 |
| Figura 6. 8 Garganta efectiva soldaduras de filete para diseño. | 111 |
| Figura 6. 9 Criterio 1. Longitud máxima efectiva. | 113 |
| Figura 6. 10 Criterio 2. Longitud máxima efectiva. | 114 |
| Figura 6. 11 Criterio 3. Longitud máxima efectiva. | 114 |
| Figura 6. 12 Longitud mínima soldaduras intermitentes | 115 |
| Figura 6. 13 Soldadura de filete para elementos diferentes a ángulos. | 115 |
| Figura 6. 14 Soldadura de filete para elementos tipo ángulos. | 116 |
| Figura 6. 15 Soldadura de filete para atiesadores de altura parcial | 116 |
| Figura 6. 16 Soldadura de filete para conexión simple pernada-soldada | 117 |

LISTA FOTOS

| | |
|---|----|
| Foto 1. 1 Vigas de cubierta remachadas | 20 |
| Foto 1. 2 Viga transversal en apoyo de puente remachada. | 21 |
| Foto 1. 3 Perno ASTM F3148 Gr 144. (Foto suministrada por LeJeune Bolt Company) | 30 |
| Foto 1. 4 Perno ASTM F3043 (twist off) | 34 |
| Foto 1. 5 Perno ASTM F3111 (heavy hex structural bolt/nut/washer) | 34 |
| | |
| Foto 2. 1 Variación de la longitud del cuerpo LB. Tres fabricantes diferentes. | 40 |
| Foto 2. 2 Cabeza del tornillo del ejemplo 2.1 | 41 |
| Foto 2. 3 Vista longitudinal del tornillo del ejemplo 2.1. | 42 |
| Foto 2. 4 Cabeza del tornillo del ejemplo 2.2. | 43 |
| Foto 2. 5 Vista longitudinal del tornillo del ejemplo 2.2. | 44 |
| Foto 2. 6 Cabeza del tornillo 1 | 45 |
| Foto 2. 7 Cabeza del tornillo 2 | 45 |
| Foto 2. 8 Cabeza del tornillo 3 | 47 |
| Foto 2. 9 Cabeza del tornillo 4 | 47 |
| Foto 2. 10 Cabeza del tornillo 5 | 48 |
| Foto 2. 11 Arandela 1 | 49 |
| Foto 2. 12 Arandela 2 | 50 |
| Foto 2. 13 Arandela 3 | 51 |
| Foto 2. 14 Arandela 4 | 51 |
| Foto 2. 15 Obra 1. Marcado. | 53 |
| Foto 2. 16 Obra 2. Marcado. | 54 |
| Foto 2. 17 Obra 3. Marcado. | 54 |
| Foto 2. 18 Obra 4. Revestimientos. | 55 |
| Foto 2. 19 Obra 5. Roscado. | 55 |
| Foto 2. 20 Obra 6. Verificación del apriete y de la fabricación necesaria. | 56 |
| Foto 2. 21 Obra 7. Revestimientos. | 56 |
| Foto 2. 22 Obra 8. Revestimientos. | 57 |
| | |
| Foto 3. 1 Tornillos negros. | 57 |
| Foto 3. 2 Tornillos galvanizados en caliente | 58 |
| Foto 3. 3 Tornillo con galvanizado mecánico | 58 |
| Foto 3. 4 Galvanizado Tipo II (Tornillos para madera) | 59 |
| Foto 3. 5 Tonalidades según espesor galvanizado | 60 |
| | |
| Foto 4. 1. Torquímetro | 64 |
| Foto 4. 2 Escala de torques | 64 |
| Foto 4. 3. Tornillo de bloqueo del torquímetro | 65 |

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

| | |
|--|-----|
| Foto 4. 4. Lengüeta ubicada en la cabeza del torquímetro | 65 |
| Foto 4. 5. Arandelas con indicadores de tensión | 66 |
| Foto 4. 6. Arandelas con indicadores de tensión. Cara posterior. | 66 |
| Foto 4. 7. Arandela con indicadores de tensión usada. | 67 |
| Foto 4. 8. Llave calibrada | 67 |
| Foto 4. 9. Llave calibrada alimentada con batería. | 68 |
| Foto 4. 10. Llave calibrada alimentada con batería. | 68 |
| Foto 4. 11. Pantalla para programación de la llave calibrada anterior | 69 |
| Foto 4. 12. Pistola hidráulica para ajuste de pernos | 69 |
| Foto 4. 13. Pistola hidráulica para ajuste de pernos | 70 |
| Foto 4. 14. Arandelas con indicadores de tensión usada. | 70 |
| Foto 4. 15. Cabezas pernos de tensión controlada | 71 |
| Foto 4. 16. Pernos de tensión controlada sin usar y usado. | 71 |
| Foto 4. 17. Cabeza tornillo usado de tensión controlada. | 72 |
| Foto 4. 18. Llave calibrada para ajuste pernos tensión controlada. | 72 |
| | |
| Foto 5. 1 Rotura del tornillo | 76 |
| Foto 5. 2 Equipo Skidmore para verificar tensionamientos ("probador de tensionamientos de tornillos") | 77 |
| Foto 5. 3 Manómetro del equipo Skidmore | 77 |
| Foto 5. 4 Referencia y modelo del equipo en este caso. | 78 |
| Foto 5. 5 Fecha de calibración del equipo | 78 |
| Foto 5. 6 Punto de apoyo para apriete y arandela con indicador de tensión. | 79 |
| Foto 5. 7 Microscopio para análisis de microestructura | 79 |
| Foto 5. 8 Análisis de un tornillo con el microscopio | 80 |
| Foto 5. 9 microestructura de una arandela | 80 |
| | |
| Foto 6. 1 Barras para SMAW | 88 |
| Foto 6. 2 Especificación de las barras para SMAW | 90 |
| Foto 6. 3 Equipo MIG | 91 |
| Foto 6. 4 Alambre de alimentación continua para proceso GMAW | 92 |
| Foto 6. 5 Máquina conformadora de perfiles soldados | 92 |
| Foto 6. 6 Robot para aplicar soldadura GMAW | 93 |
| Foto 6. 7 Antorcha soldadura FCAW-GS. | 96 |
| Foto 6. 8 Alambre tubular para FCAW-S. | 98 |
| Foto 6. 9 Antorcha soldadura FCAW-S. | 99 |
| Foto 6. 10 Equipo TIG. | 100 |
| Foto 6. 11 Antorcha equipo TIG. | 100 |
| Foto 6. 12 Equipo SAW. | 103 |
| Foto 6. 13 Salpicaduras de la soldadura | 104 |
| Foto 6. 14 Aspecto soldadura con SAW | 104 |
| Foto 6. 15 Aspecto soldadura con SMAW | 105 |

Pernos y Soldaduras estructurales. Según AISC 360-22, RCSC-20 y ASTM

| | | |
|------------|--|-----|
| Foto 6. 16 | Discontinuidad en un cordón de soldadura hecho con SAW | 106 |
| Foto 6. 17 | Soldaduras de filete | 108 |
| Foto 6. 18 | Soldadura de filete en un costado de un perfil "Te" | 108 |