



## Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Informe: EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Informe de Revisión de Normativa

Propuesta de actualización de la Sección 555 – Estructuras de Acero  
del manual de especificaciones generales para la construcción de  
carreteras, caminos y puentes, CR-2020



**Puente sobre Rio Virilla – Ruta Nacional 147**

Preparado por:  
**Unidad de Puentes**  
**Programa de Ingeniería Estructural**

Documento generado con base en el Art. 6, inciso b) de la Ley 8114 y lo señalado en el  
Capít.7, Art. 68 Reglamento al Art. 6 de la precitada ley, publicado mediante decreto  
DE-37016-MOPT.

San José, Costa Rica  
Enero, 2022



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 2 de 62

Página intencionalmente dejada en blanco



<b>1. Informe:</b> EIC-Lanamme-INF-0060-2022		<b>2. Copia No. 1</b>
<b>3. Título y subtítulo:</b> Propuesta de actualización de la Sección 555 – Estructuras de Acero del manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020		<b>4. Fecha del Informe</b> 11 de enero de 2022
<b>5. Organización y dirección:</b> Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500		
<b>6. Notas complementarias</b> Ninguna.		
<b>7. Resumen</b> <p>Este informe sobre la actualización de la sección 555 – Estructuras de Acero del del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020, es un producto del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, por solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-UNAT-03-2021 con fecha de 29 de enero de 2021, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.</p>		
<b>8. Palabras clave</b> CR-2020, FP-14, AASHTO, construcción, especificaciones, puentes	<b>9. Nivel de seguridad:</b>	<b>10. Núm. de páginas</b>  62
<b>11. Diseño y elaboración:</b> Ing. Francisco Rodríguez Bardía Programa de Ingeniería Estructural		
<b>12. Revisado y aprobado por:</b> Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D. Coordinador, Programa de Ingeniería Estructural	<b>13. Aprobado por:</b>	<b>14. Revisión Legal por:</b> Lic. Nidia Segura Jiménez Asesora Legal LanammeUCR



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 4 de 62

Página intencionalmente dejada en blanco



EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 5 de 62

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	8
<b>3. ALCANCES</b> .....	9
<b>4. DESARROLLO DE PROPUESTAS</b> .....	9
<b>5. COMENTARIOS FINALES</b> .....	10
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	12
<b>ANEXO 1</b> .....	15



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 6 de 62

Página intencionalmente dejada en blanco



## 1. INTRODUCCIÓN

Este informe sobre la actualización de la sección 555 – Estructuras de Acero del del Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020, es un producto del Programa de Ingeniería Estructural – LanammeUCR, por solicitud de la Unidad de Normativa y Actualización Técnica (UNAT) mediante el Memorando LM-PI-UNAT-03-2021 con fecha de 29 de enero de 2021, de conformidad con las competencias asignadas al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) mediante la Ley n.º 8114 y su reforma mediante la Ley 8603.

El Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2010, fue elaborado con el fin de sistematizar y uniformar los procedimientos empleados en el desarrollo y conservación de la red vial nacional. Para su preparación se utilizó como documento base la publicación titulada: Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects en su versión del 2003 y de 1996, denominadas de aquí en adelante como el FP-03 y el FP-96, respectivamente.

Posteriormente, el Manual CR-2010 sufrió una actualización de algunas de sus secciones en el año 2020, denominada Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes, CR-2020. Esta actualización toma en consideración la nueva versión del documento base titulado Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects en su versión del 2014, denominada de aquí en adelante como el FP-14, en conjunto con las disposiciones del documento titulado AASHTO LRFD Bridge Construction



EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 8 de 62

Specifications 14th edition, 2017, denominado de aquí en adelante como el AASHTO Construcción 2017.

Este informe presenta una revisión de las especificaciones para la construcción de puentes incluidas en la división 550 del CR-2020 que no fueron actualizadas del CR-2010, específicamente la sección 555 – Estructuras de acero.

La sección 555 del CR-2020 se revisó y comparó con el contenido original de FP-14 y el AASHTO Construcción 2017 con la intención de identificar y señalar las diferencias entre documentos.

También se realizó una comparación entre los documentos FP-96, FP-14 y FP-03, con el fin de determinar cuáles de las diferencias encontradas entre CR-2020 y los FP se deben a actualizaciones del estado del arte en la construcción de puentes.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este informe es actualizar las especificaciones contenidas en la Sección 555: Estructuras de acero del CR-2020 tomando como referencia el FP-14 y el AASHTO Construcción 2017.

Para realizar este trabajo se definieron los siguientes objetivos específicos:

- a) Revisar la traducción del manual CR-2020 con respecto al FP-14
- b) Contrastar el contenido de CR-2020 con el FP-14 y AASHTO Construcción 2017.
- c) Comparar el contenido de FP-14 con versiones anteriores, FP-03 y FP-96.





- d) Presentar los hallazgos en un documento de Microsoft Word utilizando control de cambios

### 3. ALCANCE

La sección cubierta en este informe es la denominada 555 – Estructuras de acero. Los documentos contra los que se revisó la sección 555 son los FP-14, FP-03, FP-96 y el AASHTO Construcción 2017.

### 4. PROPUESTAS DE ACTUALIZACION

Las propuestas de actualización a la especificación CR-2020, se presentan en el Anexo 1 de este informe, en un documento de Microsoft Word con la herramienta del programa denominada “control de cambios”, de manera que su interpretación sea sencilla para el lector.

Las secciones entre las cuales se hizo comparación, específicamente, son: la Sección 555 de CR-2020, Sección 555 de FP-14 y Sección 11 de AASHTO Construcción 2017.

El procedimiento seguido para la elaboración de las propuestas de actualización es el siguiente:

1. Se realiza una comparación entre el FP-14 y el Manual CR-2020 para detectar las diferencias entre ambas publicaciones



2. Se compara el CR-2020 también con los FP-03 y FP-96 para detectar cuáles de las diferencias encontradas en la comparación con el FP-14 se deben a actualizaciones del estado del arte en la construcción de puentes.
3. Con base en las diferencias encontradas, se propone la eliminación, inclusión o modificación de especificaciones del CR-2020 según se considere apropiado
4. Se compara el CR-2020 con AASHTO Construcción 2017 y se propone la inclusión o modificación de especificaciones del CR-2020 según se considere apropiado

## 5. COMENTARIOS FINALES

Todas las propuestas de actualización al CR-2020 mostradas en el anexo 1 de este informe son recomendaciones y queda bajo criterio de la UNAT definir cuáles serán las que formarán parte de la próxima versión de las especificaciones. Todas las propuestas están orientadas a un mejoramiento general de la sección del CR-2020 denominada: Sección 555 – Estructuras de acero.

Se toma como base para la revisión las normas el FP-14 y AASHTO Construcción 2017 debido a que estas son las versiones más actualizadas y representan el estado del arte en cuanto a construcción de puentes.

Es oportuno mencionar que una actualización importante que presenta el FP-14 con respecto al FP-03 fue la sustitución de las referencias a normas AASHTO por normas ASTM, en especial para pernos de alta resistencia. Se recomienda realizar el mismo cambio para CR-2020.



Sumado a lo anterior, al realizar la revisión de FP-03, se observó que muchas traducciones de unidades USC a SI tenían redondeos a la unidad, situación que impedía tener igualdad de criterios entre ambos sistemas. Esto se corrigió en el FP-14 y se recomienda realizar el mismo cambio en CR-2020 según se muestra en el anexo 1 de este informe.

Se observó también que el CR-2020 contiene algunos errores de redacción que dificultan su comprensión. Se recomienda realizar mejoras a la redacción del CR-2020 según se muestra en el anexo 1 de este informe.

La sección 555 del CR-2020 hace referencia a la sección 569–Encofrado y andamiaje, la cual es una traducción de la sección 562–*Trabajos temporales* del FP-96. Se desconoce por qué se le cambió la numeración a la sección. Adicionalmente, el CR-2020 contiene la sección 562–*Trabajos temporales*, la cual es una traducción de la sección 562–*Trabajos temporales* del FP-03. Tanto la sección 569 como la 562, incluidas en el CR-2020, contienen información similar y redundante debido a que están basadas en versiones distintas del FP. Por lo tanto, se recomienda trasladar la sección 569 del CR-2020 a reservada por estar basada en una versión obsoleta del FP (FP-96) y mantener la sección 562 como vigente, siempre y cuando esta última sea revisada contra el FP-14.

Se detectó que el CR-2020 contiene errores de traducción que no transmiten correctamente la intención de lo dispuesto en los FP. Los errores se confirman al comparar el CR-2020 con el FP-14. Se recomienda corregir errores del CR-2020 con respecto a las especificaciones del FP-14 según se muestra en el anexo 1 de este informe.



Otro aspecto importante para mencionar es que el CR-2020 hace referencia al inciso 717.15, el cual se detectó que se encuentra desactualizado. El FP-14 eliminó la sección 717.15 que contenía el FP-03 y en cambio, se refiere a la sección 712.01(g). Se recomienda incluir el contenido de la sección 712,01(g) del FP-14 en la sección 717.15 del CR-2020 o, en su defecto, generar una sección 712 en el CR-2020 basada en la sección 712 del FP-14.

Finalmente, se observó que el AASHTO Construcción 2017 contiene algunas especificaciones importantes en cuanto a vigas curvas, acero ortotrópico y pruebas a gran escala que se consideran aplicables al territorio costarricense. Por lo tanto, se recomienda incluir referencias a 11.4.12, 11.4.13, 11.4.14 y 11.8 del AASHTO Construcción 2017 en el CR-2020 según se muestra en el anexo 1 de este informe.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *LRFD Bridge Construction Specifications, 4th Edition*. Washington, D.C.: AASHTO.

American Society for Testing and Materials. (2019). *Standard Specification for High Strength Structural Bolts and Assemblies, Steel and Alloy Steel, Heat Treated, Inch Dimensions 120 ksi and 150 ksi Minimum Tensile Strength, and Metric Dimensions 830 MPa and 1040 MPa Minimum Tensile Strength*. Danvers: ASTM.

American Welding Society. (2015). *Structural Welding Code - Steel*. Danvers, MA: A.W.S.



Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes CR-2010*. San José: MOPT.

U. S. Department of Transportation. (1996). *FP-96 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

U. S. Department of Transportation. (2003). *FP-03 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.

U. S. Department of Transportation. (2014). *FP-14 Standard Specifications for Construction of Roads and Bridges on Federal Highway Projects*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 14 de 62

Página intencionalmente dejada en blanco



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 15 de 62

## **ANEXO 1**



UNIVERSIDAD DE  
**COSTA RICA**

**LanammeUCR**

Laboratorio Nacional de  
**Materiales y Modelos Estructurales**

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 16 de 62

Página intencionalmente dejada en blanco





SECCIÓN 555 ESTRUCTURAS DE ACERO

555.01 Descripción

Este trabajo consiste en la construcción de estructuras de acero, y partes de estructura de acero, en las estructuras mixtas. Este trabajo incluye suministro, fabricación, entrega y erección del acero estructural y la construcción de imprevistos de metal.

555.02 Materiales

Deben estar en conformidad con las siguientes Secciones y Subsecciones:

Pintura	563
Accesorios de apoyo	564
Encofrado y andamiaje	569
Acero estructural	717.01
Pernos y tuercas	717.01 (d)
Pernos, tuercas y arandelas de alta resistencia	717.01 (e)
Acero forjado	717.02
Pasadores y rodillos	717.03
Acero colado	717.04
Conectores soldados para cortante	717.05
Tubería de acero	717.06
Recubrimientos galvanizados	717.07
Cubierta laminada	717.08
Mallas de acero para pisos	717.09
Sellos elastoméricos de juntas en compresión	717.15

Commented [FR1]: Se recomienda realizar una verificación de los números de tabla una vez se hayan realizado los cambios en el documento final.

Commented [FR2]: La sección 562 de FP96 es igual a la sección 569 de CR-2020. Dicha sección 562 de FP96 fue actualizada en FP03 y se incluyó en CR-2020 como 562.

Se recomienda eliminar sección 569 de CR-2020 y hacer referencia a la sección 562 de CR-2020, la cual a su vez se recomienda que sea actualizada al contenido de FP-14.

Commented [FR3]: La sección 717.15 no se indica en FP14. En cambio, se menciona la sección 712.01(g) Preformed polychloroprene elastomeric joint seal for bridges. Esto es un cambio en FP14 con respecto a FP03.

Se recomienda generar para CR2020 la sección 712.01(g) en caso de que no exista, o incluir lo indicado en 712.01(g) de FP14 en 717.15 de CR-2020



### Requerimientos para la construcción

#### 555.03 General

El acero estructural debe ser fabricado en una planta que esté certificada bajo el programa de calidad certificada AISC. Los elementos con peligro de fractura deben fabricarse de acuerdo con AASHTO "Guía de especificaciones para miembros de acero para puentes, con fractura crítica no-redundante".

Deben realizarse soldaduras y pruebas de calificación para soldares ~~de acuerdo a~~ de acuerdo con lo provisto en ANSI/ AASHTO/AWS "Soldadura de Puentes Código D1.5".

**Commented [FR4]:** Se recomienda realizar el cambio en la redacción. Forma correcta: de acuerdo con

#### 555.04 Orden de inicio de trabajo

Debe darse una nota escrita 21 días antes de iniciar el trabajo en el taller. No fabricar ningún material o realizar ningún trabajo en el taller, previo a la notificación.

#### 555.05 Inspección

El acero estructural podrá ser inspeccionado en cualquier momento en el lugar de fabricación, de acuerdo con la Subsección 107.06 Inspección en planta.

Deben inspeccionarse con ultrasonido todas las alas de las vigas, antes de la fabricación, ~~de acuerdo a~~ de acuerdo con ASTM A 578M, excepto como sigue:

**Commented [FR5]:** Se recomienda realizar el cambio en la redacción. Forma correcta: de acuerdo con

- (a) Inspección después de que las alas han sido cortadas de la lámina maestra.
- (b) ~~Las normas de aceptación estándar de las Secciones 6 y 7 no se aplican.~~ Se utiliza como normas de aceptación los requisitos suplementarios S 2.1.
- (c) Las alas deben ser inspeccionadas en la planta o en el taller donde son cortados.

**Commented [FR6]:** No se indica en FP14 555.05.b. Sin embargo, concuerda con el requerimiento de utilizar los requisitos suplementarios S 2.1 de ASTM A578M.

Se recomienda mantener en CR-2020.

Se debe suministrar una copia de todos los pedidos de molino y de los reportes de ensayos en fábrica certificados. Los reportes de las pruebas de fábrica deben contener los análisis químicos y ensayos físicos para cada acero y calentamiento del material usado en el trabajo.



Si es aprobado por la Administración, se deben proveer los certificados de producción en lugar de los reportes de los ensayos realizados en la fábrica para los materiales que normalmente no son suministrados con tales reportes y para ítems como placas de relleno, escuadras de ensamble y materiales similares, cuando las cantidades son pequeñas y el material es tomado de la existencia en inventario.

Para los aceros con valores especificados de impacto se debe incluir en los reportes de las pruebas certificadas de planta, adicionalmente a otros resultados de ensayos, los resultados de las pruebas de impacto "Charpy V". Cuando se especifican aceros de grano fino, se debe confirmar en el reporte de la prueba que el material ha sido producido de esa forma. Se deben presentar las copias de las órdenes de planta consignando el momento en que fueron entregadas al fabricante. Se deberán suministrar los reportes de las pruebas de fábrica certificadas y los certificados de producción antes de iniciar la construcción utilizando el material incluido en esos reportes. Se debe presentar un certificado de producción del fabricante de acuerdo con la Subsección 107.03 Certificación.

#### **555.06 Planos de taller, planos de erección y transporte**

Se deben preparar y presentar los planos de acuerdo con la Subsección 104.03 Señalización y mantenimiento del tránsito. La aceptación de los planos por la Administración incluye únicamente los requisitos de resistencia y detallado. La Administración no se asume ninguna responsabilidad por errores en las dimensiones.

- (a) Planos de taller. En los planos de taller para estructuras de acero se debe mostrar completamente las dimensiones detalladas y tamaños de todos los componentes de la estructura y los detalles de los componentes misceláneos (como pasadores, tuercas, pernos, drenes, símbolos de soldadura, etc).

Cuando se requiere una orientación específica de las planchas de acero, se debe mostrar la dirección de laminado o moldeado de las plachas. Se deben cortar las alas y almas de las vigas armadas de forma que la dimensión longitudinal de ésta sea paralela a la dirección de laminado o moldeado.



En los planos de taller se debe identificar el tipo y el grado de cada pieza que será hecha de un acero diferente de AASHTO M270M, grado 250.

En los planos de taller se deben mostrar las marcas de ensamblaje que sean una referencia cruzada con las piezas originales del acero de las fabricadas y los reportes de las pruebas de fábrica certificadas.

La localización de los empalmes soldados en el taller mostrados en los planos de taller, está sujeta a aprobación. Se deben localizar todos los empalmes soldados en el taller evitando los puntos de esfuerzo máximo a tensión o fatiga. Se deben ubicar los empalmes en las almas distanciadas por lo menos 300 mm de los empalmes de taller, uniones a tope en las alas o rigidizadores En los empalmes soldados en taller se pueden requerir pruebas no destructivas adicionales.

- (b) Planos de erección. Se deben presentar planos que ilustren completamente el método propuesto de construcción. Deben mostrarse los detalles de todas las armaduras, obra falsa, arriostres, tirantes, muertos de anclaje, dispositivos de izaje y uniones a los elementos del puente. Se debe mostrar la secuencia de construcción, la localización de grúas y barcasas, las capacidades requeridas de las grúas, la localización de los puntos de izaje y las masas de los elementos del puente. Se deben mostrar los detalles completos para todas las fases y condiciones de construcción previstas. Se pueden requerir los cálculos para demostrar que los esfuerzos permisibles no son excedidos y que las capacidades de los elementos y la geometría final son las correctas. (Ver la Sección 562 Obras Temporales, para requisitos adicionales).

- (c) Diagrama de contraflecha. Se debe entregar un diagrama de la contraflecha que muestre la contraflecha en cada nudo de la armadura o nervios de arcos y en el lugar de los empalmes en campo y, como mínimo, en cada cuarto punto del claro de las vigas continuas y vigas maestras o marcos rígidos. En los diagramas de contraflecha se muestran las contraflechas calculadas para ser usadas en el pre-

**Commented [FR7]:** Traducción incompleta.

Se recomienda incluir la palabra "requeridas" para que la idea se entienda la frase de FP14 555.03.b: crane capacities



ensamblado de la estructura como se requiere en la Subsección 555.15 Preensamblado de conexiones de campo.

(d) Planos de transporte. Deben mostrar todos los puntos de soporte, amarras, cerchas o vigas temporales de rigidización y cualquier otro detalle requerido para soportar y apuntalar el elemento. Se deben proveer las memorias de cálculo mostrando los esfuerzos inducidos por las cargas permanentes más el impacto por el procedimiento de carga y transporte. Se utilizarán esfuerzos de impacto de por lo menos 200 % del esfuerzo de carga permanente. Se debe usar una carga total, incluyendo el impacto, de no menos del 300 % de la carga permanente. Utilizar esfuerzos de admisibilidad de carga dinámica de al menos 100% los esfuerzos por carga permanente.

Si se requiere, se deben presentar los planos de transporte para aprobación de la Administración.

Se deben embarcar y almacenar todos los elementos, tanto rectos como curvos, con sus almas en posición vertical.

No permitir esfuerzos de fatiga que excedan los límites de fatiga por amplitud constante para las cargas apropiadas. Verificar que los esfuerzos durante el transporte de viguetas cumplan con AASHTO, Load Resistance Factor Design (LRFD Bridge Design Specifications).

555.07 Almacenamiento del material

Se debe almacenar el material estructural sobre el terreno en plataformas, rodines u otros soportes. Se debe mantener el material libre de suciedad, grasa y otras materias extrañas y proporcionar una protección adecuada de ante la corrosión y corrientes eléctricas libres.

Commented [FR8]: Esta frase de FP03 se elimina en FP14 555.03.d.

Se propone su eliminación también en CR-2020.

Commented [FR9]: Este criterio se agrega en FP14 555.03.d con respecto a FP03.

Se recomienda su inclusión en CR-2020.

Commented [FR10]: No se incluye en FP14; sin embargo, el criterio se considera adecuado para asegurar la calidad de los planos de transporte.

Se recomienda que la frase se mantenga en CR-2020.

Commented [FR11]: Esta indicación se agrega a FP14 555.03.d con respecto a FP03.

Se considera de gran importancia y se recomienda su inclusión en CR-2020.

Commented [FR12]: Se recomienda aplicar las correcciones mostradas como mejoramiento de la traducción de FP14 555.06.

Commented [FR13]: Criterio adicional que no estaba en FP03 y se agregó en FP14 555.06.

Se recomienda su inclusión en CR-2020.



555.08 Fabricación

(a) Identificación del acero. Se requiere utilizar un sistema de marcado de ensamblaje de las piezas individuales y las instrucciones de corte del taller (generalmente por medio de referencias cruzadas de las marcas de ensamblaje mostradas en los planos de taller con la partida correspondiente que se cubre en la orden de compra de fábrica) que mantiene la identidad de la pieza original.

El material puede ser suministrado ~~de lo propio existente del inventario~~ del fabricante, el cual puede ser identificado por el número de hornada y el reporte de prueba en fábrica. Durante la fabricación hasta el punto de ensamblaje de los elementos, se debe mostrar de forma clara y legible la especificación de cada pieza de acero (cuando sea diferente de acero grado 250) escribiendo la especificación del material en la pieza o utilizando el código de colores de identificación mostrado en la Tabla 555-01 Código de colores de identificación del acero.

Commented [FR14]: La idea de FP se pierde en la traducción en CR-2020 al español.

Se propone realizar el cambio de la frase como se muestra.

Tabla 555-1

Código de colores de identificación del acero

Grado	Color
345	Verde y amarillo
345 W	Azul y amarillo
485 W	Azul y anaranjado
690	Rojo
690 W	Rojo y anaranjado

Para otros aceros (excepto acero grado 250) no mostrados en la Tabla 555-01 Código de colores de identificación del acero o incluidos en la norma AASHTO M 160M, se debe proporcionar la información del código de colores utilizado.

Se debe marcar el grado por medio de estampado o por medio de una etiqueta adherida firmemente a las piezas de acero diferentes al grado 250 que, antes de ser

Commented [FR15]: Esto se eliminó de FP03 para la versión FP14. Sin embargo, se considera adecuado que exista un código de colores para identificación del acero.

Se recomienda mantener en CR-2020



ensambladas en los elementos, van a ser sometidas a operaciones de fabricación, como limpieza con chorro de arena, galvanizado, calentamiento para moldeo o pintura, que pueden destruir la pintura utilizada para el código de color. ~~Quando se utiliza el método de estampado del acero se debe colocar las impresiones en el elemento más grueso de la junta de tensión en las juntas de transición. La profundidad máxima permitida de la huella es de 0,25 mm. Se utiliza una herramienta que produce tamaños de caracteres según los radios de superficie como se muestra en la tabla 555-02 Tamaño de las marcas de estampado del acero. Se deben evitar las impresiones cerca de los bordes de las láminas a tensión.~~

~~Tabla 555-2~~

~~Tamaño de las marcas de estampado del acero~~

<del>Tamaño del carácter</del>	<del>Radio de superficie mínimo</del>
<del>3 mm</del>	<del>0,2 mm</del>
<del>5 mm</del>	<del>0,4 mm</del>
<del>6 mm</del>	<del>0,3 mm</del>

Se deben usar troqueles para estampar acero del tipo de baja-tensión. No se deben utilizar troqueles en elementos críticos de fractura.

Si se solicita, se debe presentar una declaración jurada certificando que a lo largo de la fabricación se ha mantenido la identificación del acero.

No se permite calentar el acero para dar la curvatura a las vigas. No se permite perforar, cortar o soldar secciones de los elementos estructurales a menos que se muestre en los planos o sean aprobados por escrito.

(b) ~~Láminas. Placas.~~

- (1) Dirección de laminado: A menos que se muestre de otra forma en los planos, se debe cortar y fabricar las placas para los elementos principales, placas de empalme para las alas y elementos principales a tensión (no los miembros secundarios), de forma que la dirección principal de laminado sea

**Commented [FR16]:** No se indica en FP14 o AASHTO. Esto fue eliminado de FP03.

Se considera que debe ser eliminado de CR-2020, ya que se puede ver perjudicado el comportamiento del perfil por reducir la sección de acero por una estampa.

**Formatted:** List Paragraph, Justified

**Formatted:** List Paragraph, Justified

**Formatted:** List Paragraph, Justified

**Formatted:** List Paragraph, Justified

**Commented [FR17]:** Considerar cambiar esta palabra por Placas, dado que es un término más adecuado para el elemento en cuestión.



paralela a la dirección de los esfuerzos principales de tensión y de compresión.

(2) Bordes de corte de las placas.

a) Cepillado de los bordes. Se eliminan los bordes cortados en las placas con un espesor mayor de 15mm hasta una profundidad de ~~5~~ 6 mm con respecto al borde originalmente cortado o más allá de cualquier corte entrante producido por el corte. Se filetean los cortes entrantes antes de ser cortados.

1) Cortado con oxígeno. Se debe cortar con oxígeno el acero estructural de acuerdo con el Código de soldadura de puentes ANSI/AASHTO/AWS "Bridge Welding Code D1.5".

2) Inspección visual y reparación de los bordes de corte de las placas. Se inspecciona visualmente y se reparan los bordes de corte de las placas. Los bordes cortados de las placas deben cumplir con el Código de soldadura de puentes ANSI/AASHTO/AWS Bridge Welding Code D1.5.

b) ~~Láminas-Placas~~ para alas de vigas. ~~Se proveen~~ ~~Se debe proveer~~ láminas para alas ya sea con bordes cortados con oxígeno, con esquinas biseladas por lo menos ~~2-1.6~~ 2-1.6 mm por esmerilado o, alternativamente, placas de laminado universal ~~, a menos que se requieran los bordes cortados con oxígeno.~~

c) ~~Láminas-Placas~~ para alma de vigas. Se corta con oxígeno las láminas de las almas de las vigas ~~construidas armadas~~, las vigas cajón y arcos de las vigas tipo cajón a la contraflecha especificada. Se corta las almas con suficiente contraflecha extra para ~~prever~~ todas las pérdidas debidas a la soldadura, cortes, etc.

**Commented [FR18]:** En FP14 se corrigen del FP03 muchas traducciones incorrectas de unidades al pasar de USC a SI. Por ejemplo, en FP14555.08.b se indica profundidad de 6 mm.

Se recomienda realizar la actualización en todos los casos indicados.

**Commented [FR19]:** La palabra apropiada para traducir "Furnish" sería "proveer".

Se recomienda ajustar para mejor entendimiento.

**Formatted:** Spanish (Latin America)

**Commented [FR20]:** FP14 555.07.b.2.b. (cambio por traducción de unidades)

**Commented [FR21]:** No se indica en FP14 555.07.b.2.b. Restricción eliminada de FP03. Se recomienda realizar cambio en CR-2020.

**Commented [FR22]:** Traducción correcta de la palabra "built-up beams" sería "vigas armadas". Se recomienda realizar el ajuste.

**Commented [FR23]:** La palabra correcta en el contexto es "prever".

Se recomienda realizar ajuste.





- d) Elementos de armaduras. Se deben preparar, por medio de corte con oxígeno, todos los bordes longitudinales de todas las láminas en las secciones soldadas del alma y de los elementos de la cuerda de una armadura. Se deben biselar, esmerilando los bordes de las esquinas de las láminas que no van a ser unidas por medio de soldadura, por lo menos ~~2-1~~6 mm.
- e) Atiesadores y ~~platinas-placas~~ de conexión. Se pueden suministrar atiesadores y ~~platinas-placas~~ de conexión soldadas transversalmente al alma y a las alas de las vigas con bordes cortados con guillotina siempre que el espesor de la placa no exceda los ~~20-19~~ mm. Se puede utilizar láminas de fabricación con Molino Universal si el espesor no excede los 25 mm. Se deben suministrar otros atiesadores y platinas de conexión con los bordes cortados con oxígeno.
- f) Placas de unión lateral. Las placas de unión y otras conexiones soldadas paralelas a las líneas de esfuerzos en los elementos sometidos a tensión se cortan con oxígeno, paralelamente a las líneas de esfuerzo, cuando el espesor de la placa es mayor de 10 mm. Se pueden proveer las placas de unión lateral empernadas con bordes cortados con guillotina, siempre que el espesor sea menor o igual a ~~20-19~~ mm.
- g) Placas de empalme y placas de refuerzo. Se proveen vigas, placas de empalme para vigas y placas de unión de armaduras con bordes cortados con oxígeno.
- h) Placas dobladas. Se proveen placas laminadas de carga sin soldadura para ser dobladas como sigue: Se toma el material de las láminas en existencia tal que la línea de doblado forma un ángulo recto con la dirección de laminado, excepto las nervaduras dobladas en frío para puentes con cubiertas ortotrópicas, que pueden ser dobladas con líneas de doblado en la dirección del laminado.

**Commented [FR24]:** FP14 555.07.b.2.d. (cambio por traducción de unidades)

**Commented [FR25]:** Traducción adecuada de la palabra "connection plates" es "placas de conexión". Se recomienda hacer cambio.

**Commented [FR26]:** Traducción adecuada de la palabra "connection plates" es "placas de conexión". Se recomienda hacer cambio.

**Commented [FR27]:** FP14 555.07.b.2.e. (cambio por traducción de unidades)

**Commented [FR28]:** FP14 555.07.b.2.f. (cambio por traducción de unidades)



Antes del doblado se redondean las esquinas de las platinas con un radio de 2-1.6 mm a lo largo de la sección de la platina donde se produce el doblado.

- (1) Dobrado en frío. Se dobla en frío de forma que no se produzca el agrietamiento de la placa. Se debe usar el radio mínimo de doblado mostrado en la Tabla 555-03 Radios mínimos de doblado, medido con respecto a la cara cóncava del metal.

Se permite la recuperación elástica de los aceros grado 690 y 690 W hasta aproximadamente tres veces el valor para el acero de grado 250. Se debe utilizar una dobladora menor con un claro de por lo menos 16 veces el espesor de la placa a doblar.

Cuando sea posible, las líneas de doblaje de las placas deben estar orientadas de forma perpendicular a la dirección de rolado. En caso de que se realice doblado paralelo, el radio debe ser de al menos 7.5 veces el espesor. Placas de empalme, rellenos, placas de conexión que no estén en empalmes de cerchas, placas de conexión y rigidizadores de alma no requieren cumplimiento de requisito de dirección de doblado.

- (2) Dobrado en caliente. Si se requiere un radio menor que el radio mínimo especificado para el doblado en frío, se doblan las láminas en caliente a una temperatura no mayor de 650 °C, excepto para los grados 485W, 690 y 690 W. Cuando las láminas de acero de los grados 690 y 690 W se calientan a temperaturas mayores que 605 ~~°C~~ 565°C para 485W y 595°C para 690 y 690W, se debe retemplar ~~de acuerdo~~ de acuerdo con la práctica estándar del fabricante y verificar la recuperación de las propiedades del material. No se debe calentar HPS 485W a temperaturas mayores a 595°C. El retemplado

**Commented [FR29]:** FP14 555.07.b.2.h. (cambio por traducción de unidades)

**Commented [FR30]:** En AASHTO LRFD 2017 11.4.3.3.2 se indica lo mostrado.

Se recomienda incluirlo en CR-2020 en la ubicación propuesta, dado que es un requerimiento importante para doblado de placas.

**Commented [FR31]:** Se agrega en FP14 555.07.b.2.h.2, con respecto a FP03, acero 485W en la lista.

Se recomienda hacer ajuste en CR-2020 para incluir criterios técnicos de doblado de acero 485W.

**Commented [FR32]:** Las temperaturas indicadas FP14 555.07.b.2.h.2 se actualizan con respecto a FP03 y son distintas a CR-2020.

Se recomienda realizar ajuste como se muestra para evitar sobrecalentamiento en perfiles del acero según su especificación.

**Commented [FR33]:** Forma correcta de proposición "de acuerdo con".

Se recomienda hacer cambio en redacción.



no es requerido para acero HPS 485W que se mantenga bajo dicha temperatura.

**Tabla 555-02**

Radio mínimo de doblado<sup>(1)</sup>

Espesor de la lámina – (t) (mm)	Radio de doblado <sup>(1)</sup> (mm)
≤ 13	2-(t)
Sobre 13 a 25	2,5-(t)
Sobre 25 a 38	3-(t)
Sobre 38 a 64	3,5-(t)
Sobre 64 a 102	4-(t)

<sup>(1)</sup> Radio de doblado para todos los grados de acero estructural

Grado (MPa)	Espesor (t)			
	t ≤ 20 mm	20 mm < t ≤ 25 mm	25 mm < t ≤ 50 mm	t > 50 mm
250	1.5t	1.5t	1.5t	2.0t
345, 345S, 345W, HPS 345W	1.5t	1.5t	2.0t	2.5t
HPS 485W	1.5t	1.5t	2.5t	3.0t
690	1.75t	2.25t	4.5t	5.5t
690W	1.75t	2.25t	4.5t	5.5t

(1) Los valores mostrados son para la cara cóncava del material doblado, perpendicularmente a la dirección final de rolado. Para doblado paralelo a la dirección de doblado, multiplicar valores de la tabla por 1,5.

**Commented [FR34]:** Requerimiento incluido en FP14 555.07.b.2.h.2 con respecto a FP03.

Se considera importante sea incluido en CR2020.

**Commented [FR35]:** Se actualiza tabla 555-3 de FP03, ahora tabla 555-1 de FP14.

Se recomienda aplicar la actualización en CR2020, dado que la tabla de FP14 es más completa. La actualización incluye sustituir la tabla actual por la 555-1 de FP14, mostrada a continuación.

**Commented [FR36]:** Tabla 555-1 de FP14 que sustituiría la 555-3 actual de CR2020.



- (c) Ajuste de atiesadores. Se deben fabricar (~~en molino, esmerilado o soldado como se muestra en los planos o según se especifica~~ según se indique en planos, ya sea en ~~molino, esmerilado o soldado~~), los atiesadores de apoyo para las vigas y los atiesadores previstos como soportes para cargas concentradas para proveer apoyo total en las alas a las cuales se transmiten carga o de las cuales reciben carga. Se deben fabricar los atiesadores intermedios que no sean para soportar cargas concentradas, sino para proporcionar un ajuste firme para las alas en compresión.
- (d) Juntas a tope. Se cortan con sierra las juntas a tope de los elementos en compresión de las armaduras y columnas para proporcionar una junta ajustada y un apoyo uniforme. La abertura máxima permitida en otras juntas, que no requieren ser revestidas, es 10 mm
- (e) Revestimiento de las superficies de apoyo. Dar el acabado a los apoyos, las placas de asiento y otras superficies de apoyo que estarán en contacto con otra superficie, o con concreto, conforme con la rugosidad definida en ANSI B46.1, "Surface Roughness, Waviness and Lay, Part I", como se muestra en la Tabla 555-04 Valores de regularidad superficial definidas por ANSI.

**Commented [FR37]:** Se recomienda realizar cambio en redacción según se propone, ya que no se logra entender la intención de FP14 con la redacción actual de CR-2020.

**Tabla 555-03**

*Valores de regularidad superficial definidas por ANSI*

Superficie de apoyo	Valor de regularidad superficial ( $\mu\text{m}$ )
Placas de acero	50
Placas pesadas en contacto en los pedestales que van a ser soldados	25



Extremos laminados de elementos a compresión, extremos laminados o afilados de atiesadores y rellenos	13
Apoyos de rodillos y de oscilación	6
Pasadores y agujeros para pasadores	3
Apoyos deslizantes	3

Se fresan los apoyos deslizantes que tienen una regularidad superficial mayor de 2  $\mu\text{m}$  según ANSI 60 de forma que la trama del corte sea paralela a la dirección de movimiento.

Se fabrican las partes en el apoyo para proveer un contacto nivelado uniforme con la superficie de apoyo adyacente cuando se ensamblan. Se limita la separación máxima entre superficies de apoyo a 1 mm. Las placas de asiento que son planas y rectas y que tienen una regularidad superficial que no excede los valores tabulados anteriormente no requieren ser labradas, a excepción de las superficies de deslizamiento de las placas de asiento. No se labran las superficies de los elementos fabricados hasta que toda la elaboración de ese ensamblaje particular o subensamblaje se haya completado. ~~Se labran los componentes metálicos que van a ser tratados térmicamente después de ese tratamiento.~~

- (f) Enderezado del material. Si se aprueba por parte de la Administración, se enderezan las placas, los angulares y otros perfiles y elementos compuestos por métodos que no produzcan la fractura u otro daño en el metal. Se enderezan los elementos deformados por medios mecánicos o, si se aprueba, por medio de procedimientos cuidadosamente planificados y se supervisa la aplicación de una cantidad limitada de calor localmente. Se usan procedimientos controlados rígidamente y no se exceden las temperaturas especificadas en la Tabla 555-05

**Commented [FR38]:** Este texto es redundante con lo que se indica en el resto del párrafo.

Se recomienda eliminarlo para evitar confusiones.



Temperaturas de enderezado térmico, cuando se está enderezando con calor elementos de acero de los grados 485W, 690 y 690W.

Tabla 555-04

Temperaturas de enderezado térmico

Material a ser enderezado	Temperatura máxima °C
Grado 485W > 150 mm desde la soldadura	580 °C
Grado 485W < 150 mm desde la soldadura	480 °C
Grado 690 o 690W > 150 mm desde la soldadura	605 °C
Grado 690 o 690W < 150 mm desde la soldadura	540 °C

Material a ser enderezado	Temperatura máxima
Grado HPS 690W	595 °C
Grado 690W	590 °C
Otros aceros	650 °C

Commented [FR39]: Esta tabla de FP03 fue sustituida por la tabla 555-3 de FP14, mostrada a continuación. Se recomienda aplicar cambio en CR-2020 por tener criterios más actualizados.

Commented [FR40]: Esta sería la tabla de 555-03 de FP14 que sustituiría la 555-5 de CR2020.

En los demás aceros, en el área calentada no debe exceder los 650 °C. Se controla la aplicación por medio de lápices indicadores de temperatura, líquidos o termómetros bimetálicos.

Deben mantenerse las partes que van a ser tratadas térmicamente, enderezadas y libres de fuerzas externas y esfuerzos, excepto los propios resultantes de los medios mecánicos utilizados conjuntamente junto con la aplicación de calor.

La evidencia de fractura después del enderezado de un doblaje o pliegue será causa de rechazo de la pieza dañada.

Commented [FR41]: Se recomienda hacer cambio de redacción. Se puede utilizar una palabra más simple para mejor entendimiento.



### 555.09 Destemplado y alivio de esfuerzos

Se debe realizar un acabado maquinado, se taladra y endereza los elementos estructurales destemplados o normalizados después del tratamiento térmico. Normar y destemplan (completamente destemplado) de acuerdo con la norma ~~ASTM A 919~~ ASTM A941. Se mantiene una temperatura uniforme en el horno durante todo el proceso de calentamiento y enfriamiento de forma que la temperatura en dos puntos del elemento en cualquier instante no difiera en más de ~~60~~ 55 °C.

No se deben destemplan o normalizar elementos de acero con grados 690/690 W o 485 W. De estos grados se alivian los esfuerzos sólo con aprobación.

Se registra cada carga del horno, se identifican las piezas de la carga y se muestran las temperaturas y el programa utilizado realmente. Se proveen los instrumentos apropiados, incluyendo pirómetros registradores, para determinar en cualquier momento la temperatura de los elementos en el horno. Se tienen disponibles los registros de la operación del tratamiento para su aprobación. ~~La temperatura máxima permitida para el alivio de los esfuerzos para aceros de los grados 690/690 W y grado 485 W es 605 °C y 580 °C, respectivamente. La temperatura máxima para el alivio de esfuerzos se debe realizar a temperaturas menores a las indicadas según tabla 555-05.~~ Los elementos que se alivian de tensión (como zapatas para puentes, pedestales u otras partes que se construyen soldando secciones de placas) deben ser de acuerdo con la Subdivisión 4.4 del "Código de Soldadura de puentes ANSI/AASHTO/AWS Bridge Welding Code D1.5".

### 555.10 Agujeros para los pernos (tornillos)

Los agujeros para los pernos pueden ser taladrados o perforados con sacabocados. Los materiales que forman las partes de un elemento que está compuesto por no más de 5 espesores de metal pueden ser perforados con troquel (sacabocados) ~~2-1.6~~ 2-1.3 mm más anchos que el diámetro nominal de los pernos, cuando el espesor del material no es mayor de 20 mm para el acero estructural, 15 mm para el acero de alta resistencia o ~~15~~ 13 mm

**Commented [FR42]:** Se indica norma ASTM A941 según FP14 555.08, lo cual es una actualización con respecto a FP03.

Se recomienda hacer cambio en CR-2020 para hacer referencia a documentos vigentes.

**Commented [FR43]:** Se restringe más el gradiente de temperaturas en una sección destemplada Según FP14 555.08 con respecto a FP03, de 60° a 55°.

Se recomienda aplicar la actualización en CR2020.

**Formatted:** Spanish (Latin America)

**Commented [FR44]:** En FP14 se eliminan estas indicaciones con respecto a FP03 y se hace solo referencia a la tabla de temperaturas de enderezado en caliente 555-03.

Se recomienda aplicar la actualización en CR2020 según se propone: eliminar lo tachado e incluir lo subrayado.

**Commented [FR45]:** FP14 555.09.a.1-3 y FP14 555.09.b. (cambio por traducción de unidades)

**Commented [FR46]:** FP14 555.09.a.1-3 y FP14 555.09.b. (cambio por traducción de unidades)



para los aceros de aleación, a menos que se requiera un ensanchamiento según 555.09(h), preparación de las conexiones de campo.

Cuando hay más de 5 espesores o cuando alguno de los materiales principales tiene un espesor mayor de 20 mm para el acero estructural, 15 mm para el acero de alta resistencia o 45-13 mm para aceros templados de aleación; se pueden taladrar o ensanchar todos los huecos al tamaño total.

~~Si se requiere, se puede subperforar o subtaladrar (perforar a menor diámetro si la limitación del espesor lo indica) 5 mm más pequeño y después de ensamblado se ensancha 2 mm o se taladra del tamaño total hasta 2 mm más ancho que el diámetro nominal de los pernos.~~

(a) Agujeros horadados con punzón. Se debe usar un diámetro de dado que no sea más de 2-1.6 mm más ancho que el diámetro de punzonado. Se ensanchan los agujeros que lo requieran para ingresar los pernos. Se hace un corte limpio sin desgarrar o quebrar los bordes.

(b) Agujeros ensanchados o taladrados. Se deben ensanchar o se taladran los agujeros de forma que sean cilíndricos y perpendiculares al elemento. Cuando sea práctico, se ensancha directamente por medios mecánicos. Se deben remover las rebabas en las superficies exteriores. Se ensanchan y se perforan con taladros de giro espiral o cortador rotativo. Se ensamblan y se mantienen juntas firmemente las partes que se conectan que han sido ensanchadas o taladradas y se marcan antes de desensamblarse.

(c) Precisión de los agujeros. Se aceptan los agujeros con un diámetro no más de 0.84 mm más ancho que el diámetro nominal del taladro o del ensanchador. Es aceptable el agujero ligeramente cónico resultante de las operaciones con sacabocados. El ancho de los agujeros con ranuras producidos por corte con llama o mediante una combinación de taladrado o horadado y corte con llama, no deben ser mayor en más

**Commented [FR47]:** Se recomienda incluir la referencia completa (555.09(h)), dado que no queda clara la referencia cruzada sin todo el código.

**Commented [FR48]:** Se reduce en FP14 555.09.b el límite de espesor con respecto a FP03.

Se recomienda actualizar en CR-2020.

**Commented [FR49]:** FP14 555.09 no contiene este párrafo (se elimina de FP03).

Se recomienda eliminarlo de CR2020, pues no hay respaldo de este criterio en la normativa internacional.

**Commented [FR50]:** 555.09 (cambio por traducción de unidades)

**Commented [FR51]:** FP14 555.09.c. (cambio por traducción de unidades)





de ~~0.84~~ milímetro que el ancho nominal. Se deben esmerilar las superficies cortadas con llama para dejarlas ~~lisas~~ con una rugosidad superficial de 25  $\mu\text{m}$ .

**Commented [FR52]:** FP14 555.09.c. (cambio por traducción de unidades)

- (d) Precisión de un grupo de agujeros antes de ensanchar. ~~Perforar, subperforar o subtaladrar orificios que permitan el paso de un pin de diámetro 5mm menor que el tamaño nominal del orificio (antes de ensanchar). Se deben perforar de manera precisa los agujeros al tamaño natural, se subpunzonan o se subtaladran los agujeros de forma que después de ensamblarse (antes de realizar cualquier ensanchamiento)~~Adicionalmente, un pasador cilíndrico con un diámetro 3 mm menor que el diámetro nominal del agujero ~~pueda~~ debe poder introducirse perpendicularmente a la cara del elemento en por lo menos el 75 % de los huecos contiguos en un mismo plano. ~~Se rechazan las piezas que no cumplen con este requisito. Se rechazan los agujeros a través de los cuales no se puede insertar un pasador 5 mm menor, en diámetro, que el diámetro nominal.~~

**Commented [FR53]:** Se agrega en FP14 con respecto a FP03 una rugosidad superficial de 25  $\mu\text{m}$  según FP14 555.09.c y AASHTO 11.4.8.1.4.

Se recomienda incluir en CR-2020.

~~Después de ensanchados, se permite un máximo de 85 % de agujeros descentrados 4 milímetro, de cualquier grupo de agujeros contiguos, a través de espesores adyacentes de metal.~~

**Commented [FR54]:** En FP14 14 555.09.d se modifican, con respecto a FP03, algunos criterios de aceptación de agujeros para conexiones apernadas. También se modifica la redacción y el orden general del inciso.

Se recomienda para CR2020 eliminar lo tachado e incluir lo subrayado, con el fin de mantener actualizado el código.

- (e) Precisión del grupo de agujeros después de ensanchar. Después de ensanchados, el desplazamiento horizontal máximo del 85 % de los agujeros de cualquier grupo contiguo de agujeros a través de los espesores adyacentes del metal, es como máximo de ~~0.8 mm~~ 4 milímetros.

**Commented [FR55]:** Esto genera redundancia con 555.10(e).

Se recomienda eliminar párrafo.

Se deben utilizar plantillas de acero en agujeros dimensionados precisamente desde las líneas centro de la conexión como inscritos en la plantilla. Se utilizan las líneas centro de la conexión cuando se están colocando las plantillas desde los extremos.

**Commented [FR56]:** FP14 555.09.e. (cambio por traducción de unidades)



(f) Conexiones controladas numéricamente en campo. En lugar de taladrar agujeros de tamaños menores y ensancharlos cuando se ensamblan o de taladrar agujeros de tamaño natural cuando se ensamblan, taladrando o punzonando los agujeros de los pernos de tamaño natural en las piezas sin ensamblar y en las conexiones, se permite el uso de plantillas que hacen juego con los agujeros de tamaño inferior y ensanchar los agujeros por medio de los equipos apropiados controlados numéricamente (N/C) para taladrar o punzonar.

Los orificios perforados o taladrados mediante equipos N/C se deben realizar hasta el tamaño apropiado ya sea por pieza individual o mediante la combinación de piezas fuertemente unidas.

(g) Agujeros para pernos nervados, pernos torneados u otros tipos de pernos de apoyo aprobados. Se da un ajuste clavado o a martillo a los agujeros terminados.

Todos los orificios para pernos nervados, torneados u otros tipos, deben ser subperforados o subtaladrados con diámetro de 5 mm menor al diámetro nominal del perno y luego taladrados en el ensamblado, o taladrados con una plantilla, o taladrados desde cero luego de ensamblado según las disponibilidades del fabricante.

(f)(h) Preparación de las conexiones de campo. Se subperfora o subtaladra y ensancha mientras se ensamblan o se taladran en tamaño final con una plantilla de acero, los agujeros en las conexiones en campo y los empalmes en campo de los elementos principales de cerchas, arcos, claros de vigas continuas, pilas, torres (cada cara), placas de vigas y marcos rígidos.

Los agujeros para empalmes de campo de vigas laminadas a ser utilizadas como vigas de piso o marcos transversales, pueden ser taladrados a su tamaño final con una plantilla de acero antes de ensamblarse. Los agujeros para las vigas de piso o

**Commented [FR57]:** Se recomienda enumerar este párrafo como (f), para mantener el orden del documento.

**Commented [FR58]:** AASHTO 11.4.8.3 contiene la frase indicada.

Se considera de importancia y se recomienda que se incluya en CR-2020, como se propone, en el cuerpo del documento.

**Commented [FR59]:** Requisito de AASHTO 11.4.8.4 no contenido en FP14 que se considera de importancia.

Se recomienda sea incluido en CR-2020, como se propone, en el cuerpo del documento.



marcos transversales pueden taladrarse sin ensamblar a su tamaño final con una plantilla de acero. Durante el ensamblado se debe subpunzonar y ensanchar o taladrar al tamaño final con una plantilla de acero, todos los agujeros para las vigas de piso y conexiones de los largueros en los extremos.

Cuando se ensanchan o se taladran los agujeros de las conexiones en campo al tamaño final a través de una plantilla de acero, se coloca cuidadosamente en posición la plantilla y se atornilla con firmeza en su lugar antes de taladrar.

Se utilizan duplicados exactos de las plantillas utilizadas para ensanchar los elementos coincidentes o las caras opuestas de un elemento. Se deben colocar con precisión las plantillas utilizadas para las conexiones en partes semejantes o miembros, de manera que las partes o elementos sean duplicados y no requieran marcas para hacerlas coincidir.

Para cualquier conexión, en lugar de subpunzonar y ensanchar o subtaladrar y ensanchar, se puede utilizar agujeros taladrados al tamaño final a través de todos los espesores o materiales ensamblados en la posición adecuada.

### 555.11 Pasadores y rodillos

Se deben fabricar con precisión pasadores y rodillos que sean rectos, lisos y libres de defectos. Se deben forjar y recocer los pasadores y rodillos con un diámetro mayor de ~~225~~ 230 mm. Los pasadores y rodillos con un diámetro igual o menor de ~~225-230~~ mm pueden forjarse y recocerse o darles un acabado en frío a los ejes de acero al carbono.

En los pasadores con un diámetro mayor de ~~225-230~~ mm, se debe perforar un agujero con un diámetro no menor de 50 mm a todo lo largo del eje del pasador, después que se ha permitido a la fragua enfriarse a una temperatura por debajo del rango crítico (bajo las

**Commented [FR60]:** En FP14 555.07.b.2.h se tiene un orden distinto de este inciso, el cual se considera de más fácil comprensión.

Se recomienda, para CR-2020, que se realice el mismo reordenamiento.

**Commented [FR61]:** 555.10.a (cambios por traducción de unidades)

**Commented [FR62]:** 555.10.a (cambios por traducción de unidades)



condiciones apropiadas para evitar el daño por un enfriado muy rápido y antes de realizar el recocimiento).

En pasadores normalizados y temperados no se requiere perforar un agujero en todo el largo del eje del pasador.

- (a) Perforado de los agujeros para los pasadores. Se deben perforar los agujeros para los pasadores con el diámetro especificado, liso y recto en ángulo recto con el eje del elemento y paralelo a los otros. Se debe producir la superficie final usando acabado con pulidora.

Se debe perforar un agujero para el pasador con un diámetro que no exceda el diámetro del pasador en más de 0,50 mm para los pasadores de diámetros de ~~425~~ 130 mm o menores, o en 0.84 mm para pasadores mayores.

La variación máxima permitida de la distancia afuera-afuera de los agujeros en los extremos en los elementos a tensión y la distancia adentro-a-adentro de los agujeros extremos en los elementos a compresión es de 0.84 mm con respecto a la especificada. En los elementos ensamblados se perforan los agujeros después de que se ha ensamblado el elemento.

- (b) Roscas para pernos y pasadores. Se deben proporcionar pernos y pasadores para la construcción con acero estructural que cumplan con la norma Unified Standard Series UNC ANSI B1.1, Clase 2A para las roscas externas y Clase 2B para las roscas internas, excepto cuando el extremo del pasador tiene un diámetro mayor o igual a 35 mm, se deben proveer seis roscas cada 25 mm.

#### 555.12 Barra de ojo

Los agujeros de los pasadores se pueden cortar con llama con un diámetro por lo menos 50 milímetros más pequeño que el diámetro final del pasador. Se sujetan juntos firmemente (de la forma en que se ubicarán en el pasador) todas las barras de ojo que van a colocarse

**Commented [FR63]:** Indicación de AASHTO 11.4.9.1 que no se encuentra en FP14.

Se considera de importancia y se recomienda su inclusión en próxima edición de CR-2020, como se propone, en el cuerpo del documento.

**Commented [FR64]:** 555.10.a (cambios por traducción de unidades)



una junto a la otra en la estructura y se perfora en ambos extremos. Se debe empacar y marcar las barras de ojo para el envío y erección.

Se estampa, de forma que sean visibles cuando las barras se coloquen en la estructura, todas las marcas de identificación en el borde de la cabeza de cada miembro después que se ha concluido la fabricación. Se deben utilizar sellos de acero de baja resistencia.

Se proveen barras de ojo, rectas y sin torceduras, con agujeros localizados precisamente en la línea centro de la barra. No se permite que la inclinación de ninguna barra con respecto al plano de la armadura exceda 5.005,25 milímetros por metro.

Se corta simultáneamente los bordes de las barras de ojo que se encuentran entre la línea centro transversal de los correspondientes agujeros para los pasadores con dos sopletes operados mecánicamente uno al lado del otro, guiados por una plantilla para evitar la distorsión de las placas.

#### 555.13 Ensamblaje- Atornillado

Se deben limpiar las superficies de metal en contacto antes de ensamblarse. Se ensamblan las partes de un elemento. Se sujetan y ponen juntas firmemente antes de iniciar el taladrado, ensanchado o empernado. Si es necesario, se desmontan las piezas para eliminar las rebabas y virutas producidas por la operación. Se deben ensamblar los elementos libres de torceduras, curvas y otras deformaciones.

Halar durante el ensamblado sólo lo necesario para colocar en posición las partes, pero sin agrandar los agujeros o distorsionar el metal.

#### 555.14 Conexiones soldadas

~~Las superficies y bordes que van a ser soldados deben ser lisas, uniformes, limpias y libres de defectos que puedan afectar adversamente la calidad de la soldadura. Se deben preparar los bordes según el Código de soldadura de puentes. Se debe cumplir con ANSI/AASHTO/AWS Bridge Welding Code D1.5. Se deben instalar conectores de cortante~~

**Commented [FR65]:** Se reduce el valor de pendiente en AASHTO 11.4.10 y FP14 555.11 con respecto a FP03.

Se recomienda aplicar el cambio en CR-2020

**Commented [FR66]:** No se indica requerimiento en FP14 555.13 (se elimina con respecto a FP-03)

Se recomienda eliminar de CR-2020 dado que posteriormente se hace referencia al código AASHTO/AWS Bridge Welding Code D1.5.



de acuerdo con Capítulo 7, pruebas de preproducción según Subsección 7.7.1 e inspección de conectores según subsección 7.8.

### 555.15 Preensamblado de conexiones de campo

Se deben preensamblar las conexiones en campo de los elementos principales de armaduras, arcos, vigas continuas, vigas de alma llena, pilas, torres y marcos rígidos antes de la erección para verificar la geometría de la estructura completa o unidad y para verificar o preparar los empalmes en campo. Se debe presentar el método y los detalles del preensamblado para la aprobación

Se utiliza métodos y detalles de preensamblado que sean consistentes con el procedimiento mostrado en los diagramas de contraflecha de erección aprobados. Se ensamblan todas las vigas y trabes con su contraflecha (condición sin carga).

Cuando los elementos se ensamblan con las almas verticales, se deben apoyar a intervalos de 6 metros o dos décimos de la longitud del claro, el que sea menor. Cuando las almas son horizontales, los intervalos de apoyo señalados anteriormente pueden incrementarse, siempre que no haya una deflexión notable entre los puntos de apoyo.

Se ensamblan las armaduras en la posición de la carga muerta total, a menos que el diseño de la estructura esté previsto para soportar los esfuerzos secundarios provocados al ensamblar la armadura en la posición con la contraflecha (sin carga). Se deben apoyar las armaduras en cada punto del tramo durante el ensablaje. Se preensamblan por lo menos tres paneles contiguos que estén ajustados con precisión para línea y contraflecha. Para ensambles sucesivos, se debe incluir por lo menos una sección o panel del ensamblado anterior (reposicionado si es necesario y adecuadamente empernado para asegurar el alineamiento preciso), más dos o más secciones o paneles adicionados en el extremo de avance. Para estructuras con un largo mayor de 50-45 metros, se hace cada ensamble con una longitud no menor de 50-45 metros, sin importar la longitud de los paneles individuales

**Commented [FR67]:** Esto se incluye en FP14 555.13 con respecto a FP03. Habla sobre lo dispuesto en AWS Bridge Welding Code D1.5.

Se considera apropiado incluir dicha información en CR-2020, como se propone, en el cuerpo del documento.

**Commented [FR68]:** FP14 555.14 (cambios por traducción de unidades)



continuos o secciones. El ensamblaje puede iniciarse en cualquier punto de la estructura y proceder en una o en ambas direcciones mientras se satisfagan los requisitos precedentes.

Verificar geometría de la estructura o unidad completa. Verificar o preparar empalmes en sitio.

- (a) Conexiones empernadas. Cuando es aplicable, se ensamblan los elementos mayores con los extremos laminados de los elementos en compresión apoyados completamente y después se ensanchan los agujeros con subtamaños al tamaño especificado cuando se ensamblan las conexiones.
  
- (b) Control de ensamblado/perforado controlado numéricamente. Cuando se utilice taladrado o perforado controlado numéricamente, se debe hacer una revisión para cada tipo estructural mayor de cada proyecto. Se construye el ensamble de prueba de por lo menos 3 secciones de taller contiguas o para las armaduras, todos los elementos en por lo menos tres paneles contiguos, pero no menos del número de paneles asociados con 3 longitudes de cuerda contiguos (como la longitud entre los empalmes de campo). Se basan los ensambles de comprobación en el orden propuesto de erección, juntas de apoyo, puntos especialmente complejos y consideraciones similares. No se requieren ensambladuras en el taller diferentes de los ensamblajes revisados.

Si la revisión del ensamblaje falla en una manera específica en demostrar que la precisión requerida se ha obtenido, se puede solicitar una revisión adicional de los mismos.

Se debe recibir la aprobación de cada ensambladura (incluyendo la contraflecha, alineamiento, precisión de los agujeros y ajuste de las uniones) antes de iniciar el ensanchado o antes que sea desmontado cualquier ensamble de revisión taladrado N/C.

**Commented [FR69]:** Esto se agrega en FP14 555.14 con respecto a FP03.

Se considera de importancia para ser incluido en próximo CR-2020, según se propone, en el cuerpo del documento.



- (c) Conexiones soldadas en campo. Se prohíben las conexiones soldadas en campo a menos que estén específicamente indicadas en los planos. Se verifica el ajuste de los elementos (incluyendo el espacio adecuado entre las alas adyacentes) con el segmento preensamblado.
- (d) Marcas de armado. Se marcan las partes a conectarse preensambladas en el taller para asegurar el ajuste apropiado en campo. Se debe proveer un diagrama que muestre las marcas de armado.

#### **555.16 Conexiones utilizando pernos sin torneear, torneados o nervados**

Se utilizan pernos sin torneear, torneados o nervados, cuando se especifica, conforme la norma ASTM A 307 para pernos de grado A. Se usan pernos con tuercas de cierre automático o tuercas dobles. Se deben emplear arandelas biseladas cuando las caras de apoyo tienen una pendiente de más de 1:20 con respecto al plano normal al eje del perno.

- (a) Pernos torneados, tornillos roscados. Se deben proveer pernos torneados con una aspereza de la superficie del cuerpo que no excede los 3 micrómetros de acuerdo con la aspereza ANSI. Se deben proveer pernos de cabeza hexagonal y tuercas del tamaño nominal especificado. Se ensanchan cuidadosamente los agujeros para los pernos torneados y se proveen pernos que calcen ligeramente ajustados. Se mantiene la rosca del tornillo completamente fuera de los agujeros. Se proporciona una arandela debajo de la tuerca.
- (b) Pernos nervados. Se debe usar un molde aprobado para el cuerpo del perno con estrías longitudinales continuas. Se provee un diámetro del cuerpo, medido en un círculo a lo largo de los puntos de las estrías, 2 milímetros más grande que el diámetro especificado para los pernos.





Se proveen pernos nervados con cabezas redondeadas según ANSI B18.5. Se proporcionan tuercas hexagonales ahuecadas o que tienen una arandela del espesor adecuado. Los pernos nervados se deben ajustar con martillo cuando se instalan en los agujeros. Las estrías deben ser suficientemente rígidas para que no se compriman o deformen y permitan que los pernos puedan girar en los agujeros mientras se ajustan. Si el perno se tuerce antes de ajustarse, se ensancha el agujero y se proporciona un perno de reemplazo de mayor tamaño.

#### 555.17 Conexiones utilizando pernos de alta resistencia

Esta subdivisión incluye el ensamblado de las juntas estructurales utilizando pernos de alta resistencia de tipo ~~AASHTO M 164 M o M 253 MASTM F3125~~, o fijadores equivalentes, ajustados a gran tensión.

- (a) Partes empernadas. Se debe utilizar acero dentro de la zona de agarre del perno con materiales no compresibles como empaques o aislamiento. Se deben fabricar las partes empernadas de acero para que se ajusten firmemente después que los pernos son apretados. Se debe limitar la inclinación máxima de las superficies de las partes en contacto con la cabeza del perno o tuerca a razón de 1:20 con respecto a un plano normal al eje del perno.
- (b) Condiciones de la superficie. En el momento del montaje, se deben limpiar todas las superficies de las juntas (incluyendo las superficies adyacentes a la cabeza y a la tuerca del perno) de suciedad, materiales extraños y escamas, excepto incrustaciones firmes de molino. Se remueven las rebabas que pueden impedir el asentamiento firme de las partes conectadas en la condición de ajuste sin holgura.

~~No se permiten pinturas u otros revestimientos en las superficies de contacto de las conexiones críticas de deslizamiento. Todas las conexiones son consideradas~~

**Commented [FR70]:** En el FP14 se actualizan las normas de referencia de pernos para conexiones de AASHTO a ASTM.

Se considera que en todos los casos se debe aplicar a CR-2020 el mismo cambio, según se indica.



~~críticas al deslizamiento. No se admite la pintura (incluso cualquier rociado accidental) de las áreas a una distancia menor de un diámetro del perno, pero no menos de 25 milímetros del borde de cualquier agujero y todas las áreas dentro del molde del tornillo.~~

Se permite pintura en las superficies de contacto incluyendo conexiones críticas a desplazamiento, siempre y cuando se cumpla con el artículo 6.13.2 "Bolted connections" del AASHTO LRFD Bridge Design Specifications.

Las superficies de contacto de conexiones críticas a desplazamiento deben cumplir con los siguientes requerimientos según aplicabilidad:

- (1) En conexiones sin recubrimiento, la pintura, incluyendo cualquier rociado accidental, debe ser excluida de cualquier región interior más allá del mayor entre un diámetro de perno o 25mm desde el borde del orificio del perno y de cualquier área dentro del patrón de pernos.
- (2) Conexiones especificadas con pintura deben ser limpiadas con disparo de material abrasivo y cubiertas con pintura certificada según RCSC 2014, apéndice A, con un coeficiente de deslizamiento mínimo correspondiente con la clase de resistencia a deslizamiento. El espesor del recubrimiento debe cumplir con el requerido para la clase de conexión.
- (3) Conexiones especificadas con pintura no deben ser ensambladas antes que la pintura cure según los tiempos definidos en pruebas de calificación.
- (4) Superficies de contacto que deban ser galvanizadas deben ser galvanizadas mediante sumersión caliente de acuerdo con AASHTO M 111M (ASTM A123M).

- (c) Instalación. Se instalan juntos los tornillos o pernos que sean del mismo lote. Se deben proteger de la suciedad y de la humedad. Se deben sacar de la bodega sólo los tornillos o pernos que se van a instalar en un período de trabajo. Se deben devolver a la bodega los pernos y tornillos no utilizados al final del período de trabajo. No se debe limpiar el lubricante que traen los tornillos durante la entrega.

**Commented [FR71]:** Este párrafo se elimina en FP14 con respecto a FP03.

Se considera que esto debe eliminarse de CR-2020, dado que no es necesario que todas las conexiones se consideren como críticas a desplazamiento.

**Commented [FR72]:** Esto se indica en AASHTO 11.5.5.3 para conexiones críticas de desplazamiento.

Se considera de suma importancia que se incluya en CR-2020, dado que pueden solicitarse conexiones de este tipo en el diseño de un puente.

Los requerimientos de revestimiento con pintura u otros materiales deben cumplirse para conexiones críticas a deslizamiento, pues el cortante puede verse perjudicado en caso contrario.



Se deben limpiar y lubricar nuevamente, antes de instalar, los pernos y tornillos de las conexiones con deslizamiento crítico que puedan acumular herrumbre o suciedad.

Se debe tener un dispositivo de medición de la tensión (un calibrador Skidmore—Wilhelm u otro dispositivo indicador de la tensión aprobado) en todos los proyectos donde se instalen y ajusten pernos y tornillos de alta resistencia. Se utiliza el dispositivo medidor de tensión para realizar la prueba de capacidad rotacional y para confirmar lo siguiente:

- Requisito de la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos, para el ensamblaje completo de pernos y tornillos
- Calibración de las llaves de las tuercas, si es aplicable
- Comprensión y uso apropiado del método de ajuste.

**Tabla 555-05**

*Tensión mínima de pernos y tornillos <sup>(1)</sup>*

Diámetro nominal del perno y paso	AASHTO M 164MASTM A325 (kN)	AASHTO M 253MASTM A490 (kN)
M12 x 1.75	49	61
M16 x 2	91	114
M20 x 2,5	142	179
M22 x 2,5	176	221
M24 x 3	205	257
M27 x 3	267	334
M30 x 3,5	326	408
M36 x 4	475	595

<sup>(1)</sup> Igual al 70 % de la resistencia a la tensión mínima especificada de los pernos (~~como se especifica para las pruebas de tamaño natural de los pernos en la norma AASHTO M por los tipos 164M y M 253M~~) redondeado a la unidad de kilonewton más cercano, según se especifica



para pruebas de tamaño completo ASTM 325 y ASTM A490 con rosca UNC (ANSI B1.13M) cargados en tensión axial), redondeado al kilo newton más cercano.

Para tornillos de rosca corta, se puede utilizar los indicadores directos de tensión (DTI) por medio de arandelas sólidas para realizar esta prueba. Primero revisar el indicador de tensión con una rosca más larga en el calibrador Skidmore Wilhelm o un dispositivo reconocido en el mercado con características similares. La frecuencia de las pruebas de confirmación, el número de pruebas realizadas y el procedimiento de prueba deben estar conforme a los puntos de (3) a (5) según sea aplicable. Se debe calibrar el dispositivo una vez al año.

Se instalan los pernos y tornillos con arandelas del tamaño y calidad especificados, localizadas según se requiere a continuación, en agujeros correctamente alineados y ajustados por alguno de los métodos descritos en (3) a (6) inclusive, a la tensión mínima especificada en la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos, después que los pernos y tornillos sean apretados.

Si se aprueba, el ajuste puede efectuarse rotando el perno mientras se evita la rotación de la tuerca cuando no es práctico rotar la tuerca. Si se utiliza un sistema de llave de impacto, se proporciona una capacidad apropiada y aire suficiente para apretar cada tornillo en aproximadamente 10 segundos.

No se deben reutilizar pernos o tornillos AASHTO M 253M y pernos y tornillos galvanizados AASHTO M 164MASTM A490 o galvanizados ASTM A325. Si se aprueba, se puede reutilizar una vez otros pernos AASHTO M 164MASTM A325.

No se considera como reuso el ajuste o el socado de los pernos apretados previamente cuando pueden haberse aflojado al apretar los pernos adyacentes, siempre y cuando el ajuste se mantenga desde la posición inicial y no se requiera una rotación mayor, incluyendo la tolerancia, de la requerida en la Tabla 555-07 Rotación de las tuercas desde la condición de ajuste.

Previo a instalación, ensamblajes de conexiones críticas por deslizamiento que acumulen oxido o suciedad resultante de las condiciones de sitio deben ser limpiadas, lubricadas y probadas para capacidad rotacional según ASTM F3125

**Commented [FR73]:** Tabla y notas se actualizan tanto en AASHTO como en FP14 555-04 con respecto a FP03 para incluir los diámetros de perno de 12mm y para considerar las normas ASTM, y no AASHTO, como la referencia principal.

Se recomienda realizar el cambio en CR-2020 como se propone (eliminando lo tachado y agregando lo subrayado).

**Commented [FR74]:** Se considera que se debe incluir en CR-2020 que cualquier dispositivo similar a un calibrador Skidmore Wilhelm puede ser utilizado, tal y como se indica en FP14.

**Commented [FR75]:** La palabra "otros" impide que se transmita el sentido original de lo indicado en FP14.

Se recomienda que se elimine.

**Commented [FR76]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM.



Anexo A2, utilizando ensamblajes de dos pernos por lote. Pernos tipo Twist Off (ASTM F3125 Grado F1852 o F2280) no deben ser relubricados, pero deben ser descartados si la lubricación se ve comprometida. Lubricantes en superficies expuestas deben ser removidos previo a la pintura.

**Commented [FR77]:** Requerimiento de AASHTO Construcción 11.5.5.4 no incluido en FP14.

Se considera de importancia y se recomienda incluirlo en CR-2020 como se propone en el cuerpo del documento.

**Tabla 555-06**

*Rotación de las tuercas desde la condición de ajuste*

Geometría de las caras exteriores de las partes de los pernos			
Longitud del perno medida desde la parte inferior de la cabeza al extremo del tornillo	Ambas caras normales al eje del perno	Una cara normal al eje del perno y otra cara en declive no más de 1:20. (No se usa arandela bisalada)	Ambas caras en declive menor de 1:20 desde el eje del perno (No se utilizan arandelas biseladas)
Hasta 4 diámetros inclusive	1 / 3 vuelta	1 / 2 vuelta	2 / 3 vuelta
Sobre 4 diámetros pero sin exceder 8 diámetros	1 / 2 vuelta	2 / 3 vuelta	5 / 6 vuelta
Sobre 8 diámetros pero sin exceder los 12 diámetros <sup>(3)</sup>	2 / 3 vuelta	5 / 6 vuelta	1 vuelta

<sup>(1)</sup> Es aplicable sólo a las conexiones donde todo el material dentro de la rosca del tornillo es acero.



(2) La rotación de la tuerca es relativa al perno, sin importar cuál elemento se está girando (tuerca o perno). La tolerancia es de  $\pm 30^{\circ}$  a  $+ 30^{\circ}$  para los pernos instalados por  $\frac{1}{2}$  vuelta o menos. La tolerancia es de  $-0^{\circ}$  a  $+45^{\circ}$  para los pernos instalados por  $\frac{2}{3}$  de vuelta o más.

(3) Determinar la rotación requerida por medio de pruebas reales en un dispositivo de tensión adecuado simulando las condiciones reales.

(1) Pruebas de capacidad de rotación. Se somete los tornillos y pernos de alta resistencia, negros y galvanizados, a pruebas de capacidad de rotación en el sitio efectuadas según [AASHTO M 164](#) y [ASTM A325](#) y lo siguiente:

- a) Después de ajustar a la condición de apretado, como se definió en (c)(3), se debe ajustar el perno 2 veces el número requerido de giros indicados en la Tabla 555-7, con un Calibrador Skidmore Wilhelm o un dispositivo equivalente de medición de la tensión, sin desgarrarlo o fallarlo.
- b) Durante esta prueba, la tensión máxima registrada debe ser igual a o mayor que la tensión de la prueba de giro que es igual a 1,15 veces la tensión de ajuste indicada en la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos.
- c) La fuerza de torsión medida a una tensión "P", después de exceder la tensión de la prueba de giro requerida anteriormente en (b), no puede exceder el valor obtenido en la ecuación siguiente:

$$\text{Fuerza de torsión} = 0,34 P D$$

Donde:

- Fuerza de torsión = Fuerza de torsión medida en Newtons metros
- $P$  = Fuerza de tensión del perno medida en Newtons
- $D$  = Diámetro nominal del perno en milímetros

Para las pruebas de capacidad de rotación se usan arandelas, aunque su uso puede no ser requerido en la instalación real.

**Commented [FR78]:** Cambio de requerimiento de FP14 Tabla 555-5 con respecto a tabla FP03 555-7. El cambio consiste en la prohibición de tolerancias negativas en el ajuste de pernos, lo que se considera una buena práctica.

Se recomienda se incluya así en CR-2020.

**Commented [FR79]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM



(2) Arandelas. Cuando la cara externa de las partes empernadas tiene una inclinación mayor a 1:20 con respecto al plano normal al eje del perno, se debe utilizar una arandela biselada endurecida para compensar la falta de paralelismo.

Se deben utilizar arandelas biseladas cuadradas o rectangulares para las vigas y canales de estándar Americano de acuerdo ~~a AASHTO M293M~~ con ASTM F436.

**Commented [FR80]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM

Cuando sea necesario, se pueden sujetar las arandelas en un lado a una distancia no menor de 7/8 del diámetro del perno, medida desde el centro de la arandela.

No se requieren arandelas endurecidas para las conexiones utilizando pernos ~~AASHTO M164M y M253M~~ ASTM F3125, excepto en las siguientes condiciones:

**Commented [FR81]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM

- Se deben usar arandelas endurecidas debajo del elemento girado cuando se realiza el ajuste por el método de herramienta calibrada.
- Se deben usar arandelas endurecidas debajo de la cabeza y de la tuerca cuando se instalan pernos ~~AASHTO M 253M~~ ASTM A490 en un material que tiene un punto de cedencia menor de 275 megapascales, sin importar el método que se utilice para ajustar.
- Se debe utilizar una arandela endurecida según la norma ASTM F 436M cuando se instalan pernos ~~AASHTO M 164 M de cualquier diámetro o pernos AASHTO M 253M~~ ASTM A325 de cualquier diámetro o pernos ASTM A490 iguales a o menores que M 24 en agujeros de sobre tamaño o agujeros ovalados en una capa exterior.
- Se deben usar arandelas endurecidas según ASTM F 436 M, excepto con un espesor mínimo de 8 mm, debajo de la cabeza y la tuerca en

**Commented [FR82]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM

**Commented [FR83]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM



lugar de las arandelas endurecidas de espesor estándar, cuando se instalan pernos ~~AASHTO M 253~~ ~~MASTM A490~~ sobre M 24 en agujeros con sobretamaño o agujeros ovalados en una capa exterior. Las arandelas endurecidas múltiples con un espesor combinado igual o mayor que 8 mm no satisfacen este requisito.

- e) Cuando se instalan pernos AASHTO M 164 M de cualquier diámetro o pernos AASHTO M 253 M iguales o menores que M 24 en agujeros con una ranura larga en una capa exterior, se provee una arandela de placa o una barra continua con espesor de por lo menos 8 mm, con agujeros estándar con un tamaño suficiente para cubrir la ranura después de la instalación y cuyo material sea de un grado estructural que no requiere ser endurecido.

- f) Cuando se utilizan pernos ~~AASHTO M 253~~ ~~ASTM 490M~~ sobre M 24 en agujeros con ranura larga en capas exteriores, se debe utilizar una arandela endurecida individual según ASTM F 436 M con un grosor mínimo de 8mm en lugar de arandelas o barras de un material de grado estructural. Las arandelas endurecidas múltiples con un espesor combinado igual o mayor de 8 mm no satisfacen este requisito.

Los pernos de diseño alternativo conformes con la Subsección 717.01 Acero estructural, con una geometría que provee un círculo de apoyo en la cabeza o tuerca con un diámetro igual a o mayor que el diámetro de las arandelas endurecidas según ASTM F 436 M, satisfacen los requisitos para arandelas establecidos aquí y pueden utilizarse sin arandelas.

- (3) Ajustado mediante giro de tuerca. Antes de iniciar el trabajo se prueba el ajuste del perno utilizando un dispositivo capaz de indicar la tensión en el perno. Se deben probar no menos de 3 ensambladuras perno-tuerca de cada diámetro,

**Commented [FR84]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM

**Commented [FR85]:** Se considera importante, para mantener orden, enumerar este inciso como f).

**Commented [FR86]:** Cambio de normas AASHTO a ASTM

**Formatted:** Justified, Add space between paragraphs of the same style, Line spacing: 1.5 lines, Numbered + Level: 1 + Numbering Style: a, b, c, ... + Start at: 1 + Alignment: Left + Aligned at: 3.17 cm + Indent at: 3.81 cm





longitud y grado a ser utilizado en el trabajo. La prueba debe demostrar que el método para estimar la condición ajustado sin holgura, apretada y para controlar los giros desde la condición ajustado sin holgura apretada, desarrolla una tensión no menor que 5 % mayor que la tensión requerida en la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos. Se deben realizar pruebas periódicas cuando se requieran.

Se deben instalar los pernos en todos los agujeros de la conexión y se ajustan a la condición sin holgura. El ajuste sin holgura se define como la condición de ajuste para la cual las placas de la unión están en contacto firme. ~~Esto se puede lograr por medio de pocos impactos de una llave o el esfuerzo completo de un trabajador utilizando una herramienta ordinaria.~~

Se ajustan los grupos de pernos de manera sistemática desde la parte más rígida de la conexión hacia los bordes libres. Se ajustan nuevamente los pernos de la conexión en una manera sistemática similar, según se requiera, hasta que todos los pernos estén ajustados y la conexión quede completamente apretada. Después de la operación de ajuste sin holgura, se deben ajustar todos los pernos de la conexión mediante la rotación aplicable especificada en la Tabla 555-07 Rotación de las tuercas desde la condición de ajuste.

Durante las operaciones de socado no se permite la rotación de la parte del tornillo no girada por la llave. Se debe ajustar sistemáticamente desde la parte más rígida de la unión hacia los bordes libres.

- (4) Ajuste con llave calibrada. Se puede realizar el ajuste con llave calibrada solamente cuando los procedimientos de instalación se calibran en una base diaria y cuando se usa una arandela endurecida debajo del elemento girado. Las

**Commented [FR87]:** Indicación de FP03 se elimina en FP14 555.16.c.3 y se considera inadecuada, dado que es una medida de ajuste cuyo resultado tiene relación directa con el operario, sin objetividad. Esta indicación es aún menos objetiva cuando no se realiza una capacitación adecuada del operario.

Se recomienda eliminar la frase de CR-2020.



fuerzas de torsión estándar tomadas de tablas o de fórmulas que suponen relacionar la fuerza de torsión con la tensión no son aceptables.

Si se utilizan llaves calibradas para la instalación, se deben ajustar para que provean una tensión no menor de un 5 % más de la tensión mínima especificada en la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos. Se calibra el procedimiento de instalación por lo menos una vez cada día de trabajo para cada diámetro de perno, longitud y grado utilizando ensamblajes de pernos que están siendo instalados en el trabajo.

Se debe realizar la calibración con un dispositivo capaz de indicar la tensión real del perno, ajustando 3 pernos típicos de cada diámetro, longitud y grado de los pernos y arandelas que están siendo instalados, utilizando una arandela debajo del elemento que está siendo ajustado. Se deben recalibrar las llaves de torsión cuando **no se alcance la tensión prescrita o** se advierta una diferencia significativa en la condición de la superficie de pernos, roscas, tuercas o arandelas. Durante el uso se debe verificar que el ajuste con la llave seleccionado por la calibración no produce una rotación de la tuerca o de la cabeza del perno desde la condición de ajuste sin holgura mayor de la permitida en la Tabla 555-07 Rotación de las tuercas desde la condición de ajuste. Se giran las tuercas en la dirección de apriete cuando se mide la fuerza de torsión de las llaves de torsión manuales.

Si se usan llaves calibradas para instalar pernos en una conexión, se instalan los pernos con una arandela endurecida debajo del elemento girado. Cuando se ajustan los pernos en todos los agujeros de la conexión, se aprietan a la condición de ajuste sin holgura. Después de esta operación inicial de ajuste, se aprietan todos los pernos en la conexión utilizando una llave calibrada. Se deben ajustar sistemáticamente desde la parte más rígida de la conexión hacia los

**Commented [FR88]:** Esto se incluye en FP14 555.16.c.4 con respecto a FP03.

Se considera importante que se incluya en CR-2020



bordes libres. Se aprietan los pernos ajustados previamente que se hayan podido aflojar durante el ajuste de los pernos adyacentes hasta que todos los pernos estén ajustados apropiadamente.

- (5) Ajuste con indicador de tensión directa. Cuando se usan dispositivos indicadores de la tensión directa para ajustar los pernos, se debe ensamblar una muestra representativa de no menos de 3 dispositivos para cada diámetro y grado de perno a ser utilizado en el trabajo, en un dispositivo de calibración capaz de indicar la tensión en el perno. En el ensamblaje de prueba se debe incluir arandelas planas endurecidas, si se requieren en la conexión real, colocadas como las dispuestas en las conexiones reales a tensar. ~~La prueba de calibración debe demostrar que el dispositivo indica una tensión no menor que un valor 5% mayor que la requerida en la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos.~~

Se deben seguir los procedimientos de instalación del fabricante para instalar los pernos en el dispositivo de calibración y en todas las conexiones. Se debe prestar especial atención a la instalación apropiada de las arandelas planas endurecidas ~~cuando se utilizan dispositivos con indicador directo de tensión con pernos instalados en agujeros con sobre tamaño o en agujeros ovalados y cuando los dispositivos indicadores de carga se utilizan debajo del elemento girado. El dispositivo también puede ser ubicado debajo del elemento estacionario sin una arandela endurecida.~~

Cuando los pernos son instalados utilizando indicadores de tensión directa conformes con la norma ASTM F 959M, se deben instalar los pernos en todos los agujeros de la conexión y se deben llevar a la condición de ajuste sin holgura. El ajuste con holgura está señalado por la compresión parcial de los salientes del indicador de tensión directa. Después de que todos los pernos tienen la condición de ajuste sin holgura, se aprietan todos los pernos sistemáticamente



desde la parte más rígida de la conexión hacia los bordes libres en una forma que se minimice el relajamiento de los pernos ajustados previamente. El tensado apropiado de los pernos puede requerir más de un ciclo de ajuste parcial sistemático para deformar el saliente la magnitud especificada antes del ajuste final.

Colocar DTI debajo del elemento estacionario o ubicar una arandela endurecida entre el DTI y el elemento girado.

Instalar pernos con DTI y arandelas endurecidas, y sostener las láminas de la conexión en contacto firme mientras se impide el elemento estacionario de rotación. Remover y reemplazar todos los DTI donde el número de rechazos de un medidor de espesor de 0,125 mm es igual o mayor que el número indicado en la tabla 11.5.4.6a-1 de AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications.

Para DTI sin recubrimiento de pintura usado en un elemento estacionario o de rotación o para DTI con recubrimiento (galvanizado, pintado o con epóxico), tensar los pernos hasta que el número de rechazos del medidor de espesor de 0,125 mm sea igual o mayor que el número indicado en la tabla 11.5.4.6a-1 de AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications. Remover y reemplazar pernos que se tensionan al punto en que no se observa separación. Para DTI cubiertos bajo un elemento girado, tensionar los pernos hasta que todos los espacios comprueben que se rechaza el medidor de espesor de 0,125 mm.

(6) Instalación de los pernos de diseño alterno. Cuando se van a instalar pernos que incluyen una característica de diseño que tiene la intención de indicar indirectamente la tensión en el perno o para automáticamente suministrar la

**Commented [FR89]:** El FP14 555.16.c.5 contiene disposiciones diferentes a las del FP03.

Se recomienda que se incluyan en CR-2020 como se propone: incluir lo subrayado y eliminar lo tachado del cuerpo del documento.

**Commented [FR90]:** FP14 555.16.c.5. incluye criterios de aceptación o rechazo de conexiones con DTI que el FP03 no contiene.

Los criterios de FP14 se consideran importantes y se recomienda que se incluyan en el cuerpo del documento como se propone.



~~tensión requerida en la Tabla 555-06 Tensión mínima de pernos y tornillos, y son conformes con la Subsección 717.01 Acero estructural, se debe ensayar una muestra representativa de no menos de 3 pernos de cada diámetro, longitud y grado en el proyecto, con un dispositivo capaz de indicar la tensión en el perno.~~

~~Se deben incluir arandelas planas endurecidas en la ensambladura de prueba, si en la conexión real se requiere, instaladas de la forma en que se colocan en las conexiones reales a ser tensadas. La prueba de calibración debe demostrar que cada perno desarrolla una tensión no menor de un valor 5 % mayor que la tensión requerida en la Tabla 555-6 Tensión mínima de pernos y tornillos. Se debe seguir el procedimiento de instalación dado por el fabricante. Se realizarán ensayos periódicos cuando se requieran.~~

Cuando se utilizan tornillos y pernos de diseño alterno que están previstos para controlar o indicar la tensión en el perno, se deben instalar los pernos en todos los agujeros de la conexión e inicialmente se ajustan de forma que todas las capas estén en contacto firme, pero sin llevar a la cedencia o fractura del control o del elemento indicador del perno. Se debe continuar apretando sistemáticamente desde la parte más rígida de la conexión hacia los bordes libres de forma que se minimice el relajamiento de los pernos previamente ajustados.

El tensado apropiado de los pernos puede requerir más de un ciclo sistemático de ajuste parcial antes de que se desprenda el control o elemento indicador individual de los pernos individuales.

~~Según se requiera, proveer pernos alternos que cumplan con requerimientos de material, fabricación y composición química de ASTM A325 o ASTM A490, y (a) Cumplan con las propiedades mecánicas de aplicación similar en pruebas de tamaño completo, y~~

**Commented [FR91]:** En FP14 se genera un cambio significativo con respecto a FP03 de los criterios de aceptación de tensión en pernos de diseño alterno.

Los criterios de este párrafo ya no aplican según lo dispuesto en FP14, por lo que se recomienda que sea eliminado del CR2020. Se debe hacer referencia a los incisos 555.17(c)(3), (4) y (5), como se propone en los siguientes párrafos, al final del inciso 6.



(b) Tengan diámetro de cuerpo y de áreas de contacto bajo la tuerca o cabeza, o su equivalente, no menor a las provisiones de perno y tuerca de la misma dimensión nominal.

Remover ensamblajes individuales si la cedencia o fractura ocurre antes del ciclo final de tensado.

Verificar el tensado según inciso 555.17(c)(3), (4) o (5), según aplique.

- (7) Inspección. Se deben inspeccionar los pernos ajustados en presencia de la Administración. Se utiliza una llave de torsión de inspección para verificar el ajuste de los pernos roscados. Para los pernos no roscados se golpea cada perno con un martillo para comprobar la resistencia y la solidez. Se debe reemplazar o reajustar cualquier perno que esté suelto o flojo. No se permite utilizar la llama para quitar los pernos.

Se deben colocar individualmente 3 pernos del mismo grado, tamaño y condición de los pernos en inspección en un dispositivo calibrado para medir la tensión en el perno. Se debe realizar esta operación de calibración por lo menos una vez cada día de inspección.

Se debe usar una arandela debajo de la parte girada cuando se ajusta cada perno si se utilizan arandelas en la estructura. Si no se utilizan arandelas en la estructura, se usa un material con las mismas especificaciones que el material que colinda con la parte girada en el dispositivo de medición de la tensión, de la forma en que se usa en la estructura. En el dispositivo de calibración, se ajusta cada perno con un método conveniente a la tensión especificada. Se debe aplicar la llave de inspección al perno ajustado para determinar la fuerza de torsión requerida para girar la tuerca o la cabeza 5 °, aproximadamente ~~30~~ 25 mm en un radio de 300 mm, en la dirección de ajuste. Se debe usar el promedio

**Commented [FR92]:** FP14 555.16.c.6 agrega, con respecto a FP03, lo mostrado.

Se recomienda que se incluya en el cuerpo del CR2020 como se propone.

**Commented [FR93]:** FP14 555.16.c.7 (cambios por traducción de unidades).



de la fuerza de torsión requerida para los 3 pernos como la fuerza de torsión de inspección o como base para la inspección.

Se selecciona aleatoriamente en cada conexión 10 % (por lo menos 2) de los pernos ajustados en la estructura representados por los pernos de prueba y se aplica a cada perno seleccionado la fuerza de torsión de inspección con la llave de inspección en la dirección de ajuste. Si esta fuerza de torsión no gira la cabeza de ningún perno o tuerca, se considera que los pernos en la conexión están adecuadamente ajustados. Si la fuerza de torsión gira uno o más cabezas de pernos o tuercas, se debe aplicar la fuerza de torsión de inspección a todos los pernos de la conexión. Se debe ajustar y reinspeccionar todo perno cuya cabeza o tuerca gire en esta etapa. Como una opción, se reajustan todos los pernos en la conexión y se someten nuevamente a inspección.

#### 555.17-1 Pruebas a escala completa

Cuando se requieren pruebas a escala completa de elementos estructurales o barras de ojo, el contratante debe utilizar establecimientos adecuados, supervisión de material y la mano de obra necesaria para realizar y registrar ensayos.

#### 555.18 Soldadura

La soldadura, la calificación de los soldadores, la precalificación de los detalles de soldadura y la inspección de las soldaduras debe cumplir con el Código de Soldadura de puentes ANSI/AASHTO/AWS Bridge Welding Code D1.5. Se debe eliminar la disposición de 9.25.1.7. No se debe subestimar el tamaño nominal de la soldadura de filete. Para conexiones tubulares, cumplir con AWS, Structural Welding Code – Steel, D1.1 (D1.1M), sección 2, parte D.

**Commented [FR94]:** En AASHTO Construcción 2017 inciso 11.4.14 se incluye un apartado sobre pruebas a escala completa.

Se recomienda incluir su contenido en CR2020 como se propone por su aplicabilidad al ámbito constructivo local.

Se modifica su numeración para no alterar los incisos subsiguientes.

**Commented [FR95]:** Esto no se indica en FP14 555.18 (se elimina con respecto a FP-03).

Se recomienda eliminar de CR-2020 dado que luego se hace referencia al código de soldadura de AWS.

**Commented [FR96]:** Se incluye en FP14 555.18 para secciones tubulares tipo HSS.

Se recomienda incluir en CR-2020



No se permite soldar ni poner dispositivos de embarque u otro material no requerido en ningún elemento a menos que se indique en los planos aprobados.

En caso de requerir la aplicación de tratamientos de impacto ultrasónico para mejorar el comportamiento de las soldaduras, se debe cumplir con el inciso 11.9 de AASHTO, Building Construction Specifications.

#### 555.19 Erección de estructura

Los andamios y enconfrados deben cumplir con la Sección 569 Enconfrados y andamiajes. Se emplean armadores de acero certificados en el programa AISC Quality Certification Program.

(a) Manejo y almacenamiento del material. Se debe colocar el material almacenado en el proyecto en patines sobre el terreno. Se debe mantener el material limpio y adecuadamente drenado. Se colocan y se apuntalan las vigas hacia arriba. Se deben soportar los elementos largos, como columnas y cuerdas, en patines colocados suficientemente cercanos para evitar el daño debido a la deflexión. El Contratista es el responsable por cualquier daño ocasionado o pérdida de material.

(b) Apoyos y anclajes. Se deben proveer e instalar los apoyos para puentes según la Sección 564 Accesorios de apoyo. Si la superestructura de acero va a ser colocada sobre una subestructura que fue construida bajo un Contrato aparte, se debe comprobar que la obra fue construida correctamente antes de ordenar el material.

(c) Procedimientos de erección.

(1) Conformidad con los planos. La erección debe ser de acuerdo con los planos de erección aprobados. Las modificaciones o desviaciones del

**Commented [FR97]:** En AASHTO Construcción 2017 11.9 inciso se incluye un apartado sobre tratamientos de impacto ultrasónico para mejorar la salud de soldaduras.

Se considera que puede ser útil en algunas ocasiones y se recomienda su inclusión en CR-2020, como se propone, en el cuerpo del documento.

**Commented [FR98]:** Esto se indica en AASHTO Construcción 2017 inciso 11.6.2.

Se considera importante incluirlo en CR-2020, como se propone, en el cuerpo del documento para que el contratista entienda el alcance de sus labores.





procedimiento aprobado de erección requieren la revisión de los planos y la verificación de los esfuerzos y de la geometría.

- (2) Esfuerzos de erección. Se permiten los esfuerzos de erección inducidos en la estructura como resultado del uso de un método de erección o equipo diferente del previamente aprobado y que van a permanecer en la estructura terminada como esfuerzos de cierre. Se debe proveer material adicional, según se requiera, para mantener ambos esfuerzos, los esfuerzos temporales y los esfuerzos finales, dentro de los límites permisibles utilizados en el diseño.

~~Se—El contratista debe proporcionar~~~~proporcianan~~ dispositivos de arriostramiento o de rigidización para soportar los esfuerzos de colocación, manejo, manipulación en los elementos individuales o segmentos de la estructura durante la erección.

- (3) Mantenimiento de la alineación y de la contraflecha. Durante la erección, se debe soportar los segmentos de la estructura de forma que se produzca el alineamiento y la contraflecha adecuada en la estructura terminada. Se colocan marcos transversales y arriostramiento diagonal, según se requiera, durante la erección para proveer estabilidad y asegurar la geometría correcta. Según sea necesario, se debe proveer arriostramiento temporal en cualquier etapa de la erección.

- (d) Armado en campo. Se debe ensamblar con precisión como se muestra en los planos y según se requiere de acuerdo con las marcas. Se debe manipular cuidadosamente el material. No se permite martillar, dañar o distorsionar los elementos. Se deben limpiar las superficies de apoyo y de contacto permanente antes del armado.

**Commented [FR99]:** Se propone el siguiente cambio como mejoramiento a la traducción de lo dispuesto en AASHTO Construcción 2017 inciso 11.6.4.2, debido a que con la redacción actual de CR2020 se considera que no se transmite adecuadamente la intención de AASHTO.



~~Se deben ensamblar los empalmes y conexiones de campo con al menos 2 pasadores cilíndricos de erección por cada parte (mínimo 4 por empalme o conexión). El empalme de una viga conformada por platinas soldadas, por ejemplo, requiere por lo menos 4 pasadores de erección cilíndricos para el empalme del ala superior, 4 pasadores para el empalme del alma y 4 pasadores para el empalme del ala inferior. De esta forma se provee 2 pasadores por cada parte. Se colocan los pasadores en los agujeros esquineros de las placas de unión.~~

Se debe ensamblar los empalmes y conexiones en sitio con al menos la mitad de los orificios llenos con pernos de ajuste y pines cilíndricos de erección antes de instalar y ajustar el balance de los pernos de alta resistencia. Llenar al menos un cuarto de los orificios de la conexión con pernos de ajuste y al menos otro cuarto con pines de erección. Colocar pines en las esquinas de las placas de empalme. Llenar al menos tres cuartos de orificios de empalmes y conexiones de elementos que se utilicen para transporte durante el proceso constructivo.

Se colocan más pernos de erección cilíndricos, si se requiere, para alinear con precisión las partes. Se deben colocar los pernos en los agujeros restantes de la conexión ~~y s~~

~~Se~~ ajustan sistemáticamente desde la parte más rígida de la conexión hacia los bordes libres. Se quitan los pasadores cilíndricos de erección y se reemplazan por pernos ajustados.

Se retiran los apoyos temporales de erección en un empalme o conexión solamente después de que se han instalado todos los pernos y se han ajustado. Se deben mostrar las situaciones especiales de ensamblado y apoyo en los planos de erección.

Los pernos de ajuste pueden ser los mismos pernos de alta resistencia empleados en la instalación. Si se requieren otros pernos de ajuste, se debe usar el mismo

**Commented [FR100]:** Las disposiciones de FP14 555.18.d son sumamente diferentes a CR-2020 debido a una actualización de FP14 con respecto a FP03. Se considera que FP14 contiene un criterio más aplicable a conexiones de cualquier tamaño.

Se recomienda sustituir este párrafo por el siguiente (subrayado)

**Commented [FR101]:** Este párrafo de FP03 se elimina en FP14.

Se propone su eliminación también en CR2020.



diámetro nominal que los pernos de alta resistencia. Se deben usar pasadores de erección cilíndricos con un diámetro 0.84 mm más grande que los pernos.

(e) Conexiones de pasadores. En la colocación de los pasadores se deben utilizar tuercas guía y tuercas de golpeo. Se instalan los pasadores de forma que los elementos queden completamente soportados en los pasadores. Se deben atornillar las tuercas firmemente y se deben quitar las rebabas en la cara de la tuerca con una herramienta afilada.

(f) Ajustes. Se pueden realizar ajustes menores de corrección que impliquen pequeñas cantidades a escariar, cortar y cincelar si es aprobado. Cualquier error de fabricación en el taller o deformación ocasionada por el manejo y transporte será causa de rechazo.

#### 555.19-1 Vigas Curvas

Alas de vigas curvas y soldadas se pueden cortar al radio especificado en los documentos del contrato o, alternativamente, se pueden doblar mediante aplicaciones de calor según se indica en AASHTO LRFD Bridge Construction Design, 4ta edición, inciso 11.4.12 y 11.8.

#### 555.19-2 Superestructuras de acero ortotrópico

Los límites de tolerancia para superestructuras de acero ortotrópicos se deben aplicar en elementos terminados sin carga y se debe realizar según se indica en párrafo 3.5 de AASHTO/AWS D1.5M Bridge Welding Code, excepto en las siguientes condiciones indicada según AASHTO LRFD Bridge Construction Specifications, 4ta edición, incisos 11.4.13.1 a 11.4.13.4.

**Commented [FR102]:** FP14 555.18.d (cambios por traducción de unidades).

**Commented [FR103]:** Se incluye en AASHTO Construcción 2017 inciso 11.4.12 un apartado sobre vigas curvas.

Se propone incluir, por su relevancia en el medio costarricense, el párrafo mostrado en CR2020, de manera tal que se refiera a AASHTO 11.4.12 y 11.8 para la correcta fabricación de elementos curvos. También se puede incluir una versión traducida de los incisos indicados.

Se modifica su numeración para no alterar los incisos subsiguientes.

**Commented [FR104]:** Requerimientos para pisos de acero ortotrópico según AASHTO Construcción 2017 inciso 11.4.13.

Se considera importante, por su aplicabilidad al territorio costarricense, incluir la referencia en CR-2020 a AASHTO como se propone, o traducirlo e incluirlo en CR-2020.

Se modifica su numeración para no alterar los incisos subsiguientes.



### **555.20 Aceptación**

La Administración aceptará los trabajos cuando compruebe que se han realizado a satisfacción el cumplimiento de todas las especificaciones anteriores, la atención adecuada de las recomendaciones ambientales correspondientes, las normas de seguridad vial y de protección de obras, las normas de seguridad ocupacional, el adecuado desarrollo de los procesos constructivos y el cumplimiento de la calidad de los materiales suministrados, así como el suministro de equipo y herramientas con buen estado y desempeño, utilizados para el desarrollo de todo lo indicado en esta Sección, las Secciones 106 Control del material, 107 Aceptación del Trabajo y la Subsección 153.04 Plan de Control de Calidad.

De manera que:

- El material (excepto dispositivos de apoyo y pintura) para las estructuras de acero se evaluará según las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.03 Certificación. Se deben suministrar los certificados de producción para cada embarque de acero estructural, piezas forjadas de acero y pernos de alta resistencia, tuercas y arandelas.
- La construcción de las estructuras de acero será evaluada bajo las Subsecciones 107.02 Inspección visual y 107.04 Conformidad determinada o ensayada. Los dispositivos de apoyo serán evaluados de acuerdo con la Sección 564 Accesorios de apoyo.
- La pintura será evaluada según la Sección 563 Pintura.

### **555.21 Medición**

Se deberán medir los ítems de la Sección 555 Estructuras de acero para efectos de aceptación o pago los materiales, insumos y actividades, de acuerdo con las Subsecciones 110.01 Método de medición, 110.02 Unidades de medición y definiciones, 110.04 Procedimiento de recepción, o lo que en su defecto establezca la Administración.



- Se mide el acero estructural calculado según las especificaciones para puentes AASHTO. Se incluyen todos los ítems de accesorios metálicos secundarios requeridos en el Contrato como piezas fundidas, placas de acero, pernos y tuercas de anclaje, apoyos, cojinetes, rodillos, pasadores y tuercas, cortina de expansión, drenajes de carreteras, metal de aporte, pernos embebidos en concreto, cunetas y abrazaderas, postes, conductos y ductos y perfiles estructurales.
- Cuando la medición se realiza por la cantidad del Contrato, los cambios en las cantidades que resulten de los detalles alternativos propuestos por el contratista y aceptados como parte de los planos, no están sujetos a ajustes según la Subsección 110.05 Alcance del pago.

#### 555.22 Pago

El pago constituirá la plena compensación por todos los recursos involucrados para su ejecución: suministro y acarreo de todos los materiales, operaciones necesarias para la obtención, producción, apilamiento, almacenamiento y colocación de materiales; maquinaria, equipo y personal necesarios, así como la señalización preventiva de protección de obra y cualquier otra actividad necesaria para la adecuada y correcta realización de las actividades contempladas en esta sección. Lo anterior, con excepción de aquellos casos para los cuales algunos de esos recursos se paguen de forma separada, indicados así en el Cartel de licitación o en este manual.

Las cantidades aceptadas serán pagadas con el precio del Contrato por unidad de medición para los artículos de la Sección 555 Estructuras de acero, enumerados en el horario de la oferta. El pago será la remuneración completa por el trabajo prescrito en esta sección. Ver la Subsección 110.05 Alcance del pago.

El pago se hará como sigue:

Renglón de pago	Unidad de medida
-----------------	------------------



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

EIC-Lanamme-INF-0060-2022

Fecha: 11 de enero de 2022

Página 62 de 62

CR.555.01	Acero estructural descripción suplido, fabricado y erigido	Kilogramo	(kg)
-----------	---	-----------	------