

## **ARTÍCULO 650 - 07**

### **ESTRUCTURAS DE ACERO**

#### **650.1 DESCRIPCIÓN**

Este trabajo consiste en el diseño, fabricación, transporte, montaje y pintura de estructuras de acero, soldadas y/o pernadas, de acuerdo con los planos, las especificaciones y las instrucciones del Interventor. Comprende, además, el suministro de todos los materiales requeridos para la fabricación de las estructuras, tales como láminas, perfiles, platinas, pernos, remaches, elementos para soldadura y piezas o metales especiales.

#### **650.2 MATERIALES**

##### **650.2.1 Acero**

El acero se deberá suministrar de acuerdo con las especificaciones que se indican a continuación. Mientras los documentos del proyecto o las especificaciones particulares no establezcan lo contrario, deberá ser del tipo de acero al carbono.

##### **650.2.1.1 Acero estructural**

El acero estructural al carbono deberá cumplir las especificaciones AASHTO M-270 y con la Norma NSR-98, artículo F.2.1.3.1 Acero Estructural.

En estas especificaciones se acepta el uso de los materiales que cumplen con las siguientes normas:

NTC 248. Barras corrugadas laminadas en caliente (ASTM A615).

NTC 1920. Acero estructural. (ASTM A36).

NTC 3470. Tubería de acero soldada o sin costura, negra y recubierta de zinc por inmersión en caliente (ASTM A53 Grado B).

NTC 1950. Acero estructural de alta resistencia y de baja aleación (ASTM A242).

NTC 1986. Tubería estructural de acero al carbono, formada en frío, soldada o sin costura, de cualquier configuración (ASTM A500).

NTC 2374. Tubería estructural de acero al carbono, formada en caliente, soldada o sin costura (ASTM A501).

NTC 3347. Láminas y platinas de acero al carbono laminadas en caliente, de calidad estructural (ASTM A570 Grados 40, 45 y 50).

NTC 1985. Acero de alta resistencia, de baja aleación colombio-vanadio de calidad estructural (ASTM A572).

NTC 2012. Acero estructural de alta resistencia de baja aleación con punto de fluencia mínimo de 345 MPa, hasta 100 mm de espesor (ASTM A588).

NTC 4001. Tubería estructural de alta resistencia y baja aleación, formada en caliente con o sin costura (ASTM A618).

NTC 4005. Acero estructural para puentes (ASTM A709).

NTC 4007. Especificaciones para el acero al carbono-manganeso de alta resistencia y calidad estructural (ASTM A529).

NTC 4009. Láminas y flejes de acero, laminados en frío y en caliente, de alta resistencia y baja aleación, con resistencia mejorada a la corrosión (ASTM A606).

NTC 4012. Plancha de acero estructural de baja aleación, templada y revenida con límite de fluencia mínimo de 485 MPa (70ksi) y espesores hasta de 100 mm (4 pulgadas) (ASTM A852).

NTC 4014. Planchas de acero aleado, templadas y revenidas, de alta resistencia a la fluencia y aptas para ser soldadas (ASTM A514).

NTC 4016. Láminas y flejes de acero de alta resistencia y baja aleación, al culombio o vanadio, o ambos, laminados en caliente y en frío (ASTM A607).

Se puede considerar como prueba suficiente del cumplimiento de las anteriores normas, el informe certificado que en tal sentido extienda la acería, de acuerdo con sus ensayos, o de los ensayos que realice el fabricante o un laboratorio reconocido, de acuerdo con los requisitos de las normas ASTM A6 o NTC 7 (ASTM A568), según sea aplicable. Si se le solicita, el fabricante deberá proporcionar una certificación en que conste que el acero estructural del suministro cumple los requisitos del grado especificado.

Puede utilizarse acero sin identificar, si su aspecto superficial es aceptable según los criterios de la norma ASTM A6, en la fabricación de partes o detalles de menor importancia, siempre y cuando que las propiedades físicas y la soldabilidad del acero no afecten la resistencia de la estructura.

En caso de utilizar el acero conocido como de "calidad comercial", la resistencia, en términos del límite de fluencia no debe suponerse mayor de 225 MPa, y a su vez la resistencia última no mayor de 360 MPa, a menos que mediante ensayos se pueda demostrar una resistencia mayor.

#### **650.2.1.2 Barras de ojo**

El acero para barras de ojo deberá ser del tipo soldable que cumpla con la especificación AASHTO M-270, grados 36 ó 50W.

#### **650.2.1.3 Pernos, arandelas y tuercas**

Los pernos de acero deberán cumplir con una de las siguientes normas:

NTC 858. Tornillos, pernos y partes similares roscadas. Requisitos generales (ASTM A449).

NTC 4028. Pernos de acero de alta resistencia, clase 10.9 y 10.9.3 para juntas de acero estructural (ASTM A490).

NTC 4034. Elementos de fijación. Especificación para tornillos y pernos de acero al carbono con 410 MPa (60000 psi) de resistencia a la tensión (ASTM A307).

ASTM A194. Tuercas de acero al carbono y aleado para pernos que trabajen en condiciones de servicio con alta presión y alta temperatura.

ASTM A325. Pernos estructurales de acero, tratados térmicamente, con resistencia mínima a la tensión de 825 o 725 MPa.

ASTM A563. Tuercas de acero al carbono y de aleación.

ASTM F436. Arandelas de acero templado.

Las dimensiones de los pernos y tuercas deberán ajustarse a las dimensiones de la Tabla 650.1 y a los requisitos para pernos y tuercas hexagonales pesadas dados en las normas ANSI B18.2.1 y B18.2.2, respectivamente.

Tabla 650.1  
Dimensiones de pernos y tuercas

DIMENSIONES DE PERNOS (EN PULGADAS) PERNO HEXAGONAL PESADO				DIMENSIONES DE TUERCAS (EN PULGADAS) TUERCA HEXAGONAL PESADA	
TAMAÑO NOMINAL PERNO D	ANCHO ENTRE CARAS PLANAS F	ALTURA DE CABEZA H	LONGITUD DE ROSCA T	ANCHO ENTRE CARAS PLANAS W	ALTURA H
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1-1/16	25/64	1-1/4	1-1/16	39/64
3/4	1-1/4	15/32	1-3/8	1-1/4	47/64
7/8	1-7/16	35/64	1-1/2	1-7/16	55/64
1	1-5/8	39/64	1-3/4	1-5/8	63/64
1-1/8	1-13/16	11/16	2	1-13/16	1-7/64
1-1/4	2	25/32	2	2	1-7/32
1-3/8	2-3/16	27/32	2-1/4	2-3/16	1-11/32
1-1/2	2-3/8	15/16	2-1/4	2-3/8	1-15/32

Se usarán pernos NTC 858 (ASTM A449) solamente en conexiones que requieran pernos de diámetros superiores a 38 mm; no deberán usarse en conexiones de deslizamiento crítico.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con estas normas.

Los pernos galvanizados de alta resistencia deberán ser pernos AASHTO M164 (ASTM A325) tipo 1 o tipo 2, galvanizados por el proceso de inmersión en caliente o por el proceso mecánico de galvanización. Si los pernos tipo 2 se galvanizan por el proceso de inmersión en caliente, deberán probarse a tracción después de galvanizado de acuerdo con la norma AASHTO M164 (ASTM A325). Las tuercas y pernos del mismo ensamble deberán ser galvanizados por el mismo proceso. Los pernos de calidad AASHTO M253 (ASTM A490) no se deberán galvanizar por el proceso de inmersión en caliente.

Las arandelas circulares deberán ser planas y lisas y sus dimensiones nominales deberán cumplir con los requisitos de la norma ASTM F436 y las dimensiones de la Tabla 650.2. No se deberán utilizar arandelas planas para pernos de seguridad sujetadores de collar, a menos que se especifiquen agujeros ranurados o sobredimensionados.

Las arandelas ahusadas para vigas y canales, fabricadas según las normas americanas u otras caras ahusadas que se requieran cuadradas o rectangulares, deberán cumplir con los requisitos de la norma ASTM F436 y las dimensiones dadas en la Tabla 650.2.

Si se requiere, se podrá recortar un lado de la arandela hasta una distancia no inferior a siete octavos (7/8) el diámetro del perno, tomada desde el centro de la arandela.

Siempre y cuando se tenga la aprobación del Interventor, se podrán utilizar otros sujetadores o sistemas de fijación que cumplan con los materiales, fabricación y los requisitos de composición química de los pernos ASTM A325 o ASTM A490 y que cumplan, además, con los requisitos de las propiedades mecánicas de la misma especificación en pruebas a escala natural. Así mismo, deberán tener el diámetro del cuerpo y las áreas de apoyo bajo la cabeza y tuerca, o su equivalente, no inferiores a los provistos por un perno y tuerca de las mismas dimensiones nominales prescritas en el párrafo anterior. Dichos sujetadores alternos pueden diferir en otras dimensiones de aquellas de los pernos y tuercas especificados.

#### **650.2.1.4 Pernos de anclaje y varillas roscadas**

Los pernos de anclaje y las varillas roscadas deberán cumplir con una de las siguientes normas establecidas en el artículo F.2.3.1.5 de la norma NSR-98:

NTC 1920. Acero estructural (ASTM A36).

NCT 1985. Aceros de calidad estructural y alta resistencia con baja aleación de colombio y vanadio (ASTM A572).

NTC 2012. Acero estructural de alta resistencia y de baja aleación con punto de fluencia mínimo de 345 MPa hasta 100 mm de espesor. (ASTM A588).

ASTM A193. Materiales de acero aleado y de acero inoxidable para pernos en condiciones de servicio de alta temperatura.

ASTM A354. Pernos, espigos y otros sujetadores roscados externamente, de acero aleado, templado y revenido.

ASTM A687. Pernos y espigos, sin cabeza, de acero de alta resistencia.

Las roscas de los pernos y varillas deberán cumplir con las especificaciones detalladas en las "Series Estándares Unificadas" de la última edición de la norma ANSI B18.1. Las tolerancias serán de clase 2A.

Pueden utilizarse como pernos de anclaje los pernos de acero que cumplen con otras disposiciones de F.2.1.3. El material NTC 858 (ASTM A449) es aceptable para pernos de anclaje y varillas roscadas de alta resistencia de cualquier diámetro.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas.

Tabla 650.2  
Dimensiones de arandelas

ARANDELAS CIRCULARES					ARANDELAS AHUSADAS CUADRADAS RECTANGULARES PARA VIGAS Y CANALES ESTÁNDAR		
DIÁMETRO DEL PERNO	DIÁMETRO NOMINAL EXTERNO	DIÁMETRO NOMINAL AGUJERO	ESPESOR		DIMENSIÓN MÍNIMA LADO	ESPESOR PROMEDIO	AHUSADO EN ESPESOR
(a)	(b)		Mín	Máx			
1/2	1-1/16	17/32	.097	.177	1-3/4	5/16	1:6
5/8	1-5/16	21/32	.122	.177	1-3/4	5/16	1:6
3/4	1-15/32	13/16	.122	.177	1-3/4	5/16	1:6
7/8	1-3/4	15/16	.136	.177	1-3/4	5/16	1:6
1	2	1-1/16	.136	.177	1-3/4	5/16	1:6
1-1/8	2-1/4	1-1/4	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-1/4	2-1/2	1-3/8	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-3/8	2-3/4	1-1/2	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-1/2	3	1-5/8	.136	.177	2-1/4	5/16	1:6
1-3/4	3-3/8	1-7/8	.178	.28			
2	3-3/4	2-1/8	.178	.28			
De 2 a 4	2D-1/2	D+1/8	.24	.34			

Notas:

- (a) Dimensiones en pulgadas
- (b) Puede excederse en 1/4 de pulgada

#### 650.2.1.5 Transmisores de cortante soldados

Los transmisores de cortante deberán cumplir con los requisitos para barras de acero al carbono formado en frío, AASHTO M169 barras estiradas en frío, grados 1015, 1018 ó 1020, semi o completamente apagadas. Si se utilizan casquetes para retención del fundente, el acero de éstos deberá ser de un grado de bajo contenido de carbono apropiado para soldadura y que cumpla con la especificación ASTM A109, "Tiras de Acero al Carbono laminado en frío".

Las propiedades mecánicas, determinadas por ensayos del acero en barras luego de su estiramiento o de conectores terminados, deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Resistencia a la tracción (mínima)	420 MPa
Límite de fluencia (mínimo)	350 MPa
Elongación en 2 pulgadas (mínimo)	20%
Reducción de área (mínima)	50%

Las propiedades mecánicas se determinarán de acuerdo con las secciones aplicables de la norma ASTM A370, “Ensayos mecánicos de productos de acero”. Las pruebas de tensión de los pernos terminados se harán en pernos soldados a platinas de prueba que utilizan una plantilla tal como lo indica la norma AWS D1.1. Si ocurre fractura fuera de la mitad central de la longitud en la escala, se deberá repetir la prueba.

Los pernos terminados deberán ser de calidad y apariencia uniforme, libres de astillas perjudiciales, rebabas, fisuras, grietas, torceduras, dobleces u otros defectos. El acabado deberá ser el conseguido por estiramiento en frío, laminado en frío o maquinado.

El fabricante deberá certificar que los pernos se ajustan a los requisitos de material del presente numeral. A solicitud del Interventor, se deberán remitir copias certificadas de los informes de control de calidad hechos en la planta.

#### **650.2.1.6 Pilotes tubulares de acero**

Los pilotes tubulares de acero deberán cumplir con los requisitos de la norma ASTM A252, grado 2 para pilotes de tubería metálica soldada sin costura, con requerimientos químicos según la norma ASTM A53, grado B.

#### **650.2.2 Metal de aporte y fundente para soldadura**

Los electrodos y fundentes para soldadura deberán cumplir con una de las siguientes normas de la Norma NSR-98, artículo F.2.1.3.6, correspondiente de la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

NTC 2191. Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco metálico protegido (AWS A5.1).

NTC 2253. Especificaciones para electrodos de acero al carbono de baja aleación para soldadura de arco (AWS A5.5).

NTC 3570. Especificaciones para metales de aporte de acero de baja aleación para soldadura de arco con protección de gas. (AWS A5.28).

NTC 3623. Especificaciones para electrodos de acero de baja aleación y fundentes para soldadura de arco sumergido. (AWS A5.23).

NTC 2632. Especificaciones para metales de aporte de acero al carbono para soldadura de arco con protección de gas. (AWS A5.18).

NTC 2677. Especificaciones para electrodos de acero al carbono y fundentes para soldadura de arco sumergido (AWS A5.17).

AWS A5.20. Especificaciones para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco con fundente en el núcleo.

AWS A5.29. Especificaciones para electrodos de acero de baja aleación para soldadura de arco con fundente en el núcleo.

Se aceptará la certificación del fabricante como prueba del cumplimiento con las normas. Los electrodos y metales de aporte seleccionados deben ser los apropiados para la aplicación prevista. La tenacidad del material de soldadura por lo general no es crítica en la construcción de edificios.

### **650.2.3 Piezas forjadas y ejes de acero**

#### **650.2.3.1 Piezas forjadas de acero**

El acero fundido deberá cumplir con una de las siguientes especificaciones establecidas en la Norma NSR-98, artículo F.2.1.3.3.:

NTC 4003. Fundiciones de acero al carbono para aplicaciones en general (ASTM A27 Grado 65-35).

NTC 1137. Fundiciones de acero de alta resistencia para usos estructurales (ASTM A148 Grado 80-50)

Las piezas forjadas deberán ajustarse a la norma:

NTC 4038. Fundiciones ferrosas. Piezas forjadas de acero al carbono aleado, para usos industriales en general (ASTM A668).

Se aceptarán los informes certificados de ensayo como prueba del cumplimiento de la norma

#### **650.2.3.2 Ejes de acero al carbono formado en frío**

Los ejes de acero al carbono formado en frío deberán cumplir con las especificaciones para barras y ejes de acero al carbono en frío, AASHTO M169 (ASTM A108). A menos que se especifique diferente, se deberán suministrar los grados 1016 a 1030, inclusive.

### **650.2.4 Fundiciones de acero**

#### **650.2.4.1 Fundiciones de acero para puentes**

Las fundiciones de acero para componentes de puentes de vías deberán cumplir con las especificaciones estándar para fundiciones de puentes de carreteras, norma AASHTO M192 (ASTM A486) o fundiciones de acero al carbono de resistencia suave a media para aplicaciones generales, norma AASHTO M103 (ASTM A27). A menos que se especifique diferente, se deberán emplear la clase 70 ó grados 70-36 de acero, respectivamente.

#### **650.2.4.2 Fundiciones de acero con aleaciones de cromo**

Las fundiciones de acero con aleaciones de cromo deberán cumplir con las especificaciones para fundiciones de hierro-cromo, de hierro-cromo-níquel, resistentes a la corrosión para aplicaciones

generales, norma AASHTO M163 (ASTM A743). Se deberá suministrar Grado CA 15, a menos que se especifique de otra manera.

#### **650.2.5 Fundiciones de hierro**

Deberán ser fundiciones de hierro gris que cumplan con las especificaciones para fundiciones de hierro gris, norma AASHTO M105 (ASTM A48), clase 30, a menos que se especifique diferente.

#### **650.2.6 Fundiciones de hierro dúctil**

Deberán cumplir con las especificaciones para fundiciones de hierro dúctil, norma ASTM A536 grado 60-40-18, a menos que se especifique de otra manera.

#### **650.2.7 Fundiciones maleables**

Deberán cumplir con las especificaciones para fundiciones de hierro maleable, norma AASHTO M106 (ASTM A47). Se deberá suministrar grado No.35018, a menos que se especifique de otra manera.

#### **650.2.8 Fundiciones de bronce y chapas de aleaciones de cobre**

##### **650.2.8.1 Fundiciones de bronce**

Deberán cumplir con las especificaciones estándar para fundiciones de bronce para puentes y tornavías, norma AASHTO M107 (ASTM B22) aleaciones 913 ó 911.

##### **650.2.8.2 Chapas de aleaciones de cobre**

Deberán cumplir con las especificaciones estándar para láminas y platinas de apoyo y de expansión de aleaciones de cobre para puentes y otras aplicaciones estructurales, norma AASHTO M108 (ASTM B100).

#### **650.2.9 Materiales para juntas y apoyos**

##### **650.2.9.1 Láminas de plomo**

Deberán cumplir con los requisitos para plomo común desplatinizado de las especificaciones para plomo en lingotes, norma AASHTO M112 (ASTM B29).

##### **650.2.9.2 Láminas de zinc**

Deberán cumplir con los requisitos del Tipo II de las especificaciones para zinc laminado, norma AASHTO M113 (ASTM B69).

##### **650.2.9.3 Láminas de bronce o de aleación de cobre**

Las de bronce deberán cumplir los requisitos de la norma AASHTO M107 (ASTM B22), para aleación 911, y las de aleación de cobre con los requisitos de la norma AASHTO M108 (ASTM B69), aleación 510.



Las láminas deberán ser lubricadas y el compuesto lubricante deberá ser grafito y sustancias metálicas con un ligante lubricante resistente a la acción de la intemperie.

#### **650.2.9.4 Almohadillas elastoméricas de soporte**

Deberán cumplir lo indicado en la especificación AASHTO M251.

#### **650.2.9.5 Almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón**

Deberán ser fabricadas de caucho no vulcanizado y de capas de fibras nuevas de algodón, comprimidas y vulcanizadas para formar almohadillas del grosor especificado, de acuerdo con la Federal Specification MIL-C-882, y deberán tener una resistencia a la compresión, perpendicular a las laminaciones, no menor de setecientos kilogramos por centímetro cuadrado ( $700 \text{ kg/cm}^2$ ), sin reducción perjudicial de su espesor.

#### **650.2.9.6 Lona de algodón y minio rojo para apoyos de mampostería**

Deberán cumplir con las especificaciones siguientes:

- Lona de algodón, de acuerdo con a AASHTO M166.
- El minio rojo, de acuerdo a AASHTO M72.

### **650.2.10 Materiales para cubrimiento**

#### **650.2.10.1 Galvanizado**

Cuando se indica en los planos o se especifica en las disposiciones especiales, los productos de metal ferroso deberán ser galvanizados de acuerdo con las especificaciones para revestimientos de zinc (galvanizado en caliente) de productos fabricados de perfiles de acero laminado, prensado y forjado, platinas, barras y flejes, norma AASHTO M111.

#### **650.2.10.2 Pintura**

##### **650.2.10.2.1 Pintura de taller**

Debe realizarse en concordancia con lo establecido en la Norma NSR-98, artículo F.2.13.3.

##### **650.2.10.2.1.1 Requisitos generales**

La preparación de la superficie y la pintura de taller se ajustarán a los requisitos del Código de Práctica Estándar del AISC. No se requiere pintura de taller si no se especifica claramente en los documentos del contrato.

#### **650.2.10.2.1.2 Superficies inaccesibles**

Excepto las superficies en contacto, las superficies inaccesibles después del ensamble de taller deberán limpiarse y pintarse con anterioridad al ensamble, de acuerdo con los requisitos de los documentos de diseño.

#### **650.2.10.2.1.3 Superficies de contacto**

Se permite incondicionalmente la pintura en conexiones tipo aplastamiento. Para conexiones por fricción, los requisitos de la superficie de contacto estarán de acuerdo con 3(b) de las especificaciones para juntas estructurales del RCSC que utilizan pernos grado 5 o grado 8 de ASTM A325 o NTC 4028 (ASTM A490).

#### **650.2.10.2.1.4 Superficies acabadas**

Las superficies terminadas a máquina se protegerán contra la corrosión por medio de una película inhibidora de óxido que pueda removerse antes del montaje, o que tenga características que hagan innecesaria su remoción antes de efectuarlo.

#### **650.2.10.2.1.5 Superficies adyacentes a soldaduras de campo**

A menos que se especifique otra cosa en los planos de diseño, las superficies a menos de 50 mm de sitios donde se hayan de aplicar soldaduras de campo, deberán estar libres de materiales que impidan el soldado correcto o que produzcan gases tóxicos u objetables mientras se realiza la soldadura.

#### **650.2.10.2.2 Pintura de campo**

Los retoques de pintura, la limpieza de la estructura, así como la pintura general deben realizarse de acuerdo con las prácticas locales aceptadas, las cuales se harán constar explícitamente en los planos de diseño.

#### **650.2.11 Soldadura**

La soldadura de estructuras de acero, cuando se autoriza, deberá cumplir con la norma AWS D1.1-80 del Código de Soldadura Estructural de la AWS.

#### **650.1.12 Abrasivos y disolventes**

Los abrasivos utilizados para la limpieza superficial del acero estructural deberán ser arena seca limpia, arenisca mineral o limaduras de acero, a opción del Constructor, los cuales tendrán una gradación aprobada para producir resultados satisfactorios.

No se permitirá el uso de otros abrasivos, sin la aprobación previa del Interventor.

A menos que las disposiciones especiales lo prohíban, se podrán emplear disolventes para retirar aceite, grasa u otros contaminantes solubles de acuerdo con la norma SSPC-SP1, "Limpieza de disolventes".

### **650.3 EQUIPO**

El Constructor deberá poner a disposición de los trabajos todos los equipos y herramientas necesarios para la correcta y oportuna fabricación de las piezas de acero estructural, de acuerdo con los planos del proyecto. Además, deberá proporcionar los vehículos para su transporte a la obra, así como todas las armazones provisionales y todas las herramientas, maquinaria, artefactos y pernos ajustadores necesarios para la marcha efectiva del trabajo.

El montaje en el campo de las partes componentes de una estructura, implica el uso de métodos y artefactos que no produzcan daños por torcedura, dobladura u otra deformación del metal.

### **650.4 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

#### **650.4.1 Diseño, planos e identificación del acero durante la etapa de fabricación**

##### **650.4.1.1 Diseño y planos**

Cuando el contrato incluya el diseño definitivo de la estructura de acero, el Constructor elaborará el proyecto estructural definitivo a partir del anteproyecto, de la información existente y de los resultados de los estudios básicos e investigaciones previas.

El proyecto estructural definitivo comprende la elaboración de cálculos, planos de detalle, recomendaciones y demás pormenores característicos, sin omitir parte alguna por haber sido tenida en cuenta en el anteproyecto, de tal manera que con dicho proyecto se pueda construir la obra, en la forma más favorable, desde los puntos de vista ambiental y económico, garantizándose que sea resistente, funcional, duradera y estética.

El Constructor deberá someter copias de los planos detallados de taller a la aprobación del Interventor. Cualquier trabajo hecho con anterioridad a la aprobación de dichos planos será a riesgo del Constructor. Los planos deberán contener las calidades y los tamaños y dimensiones detalladas de las partes componentes de la estructura y detalles de las partes misceláneas, como tuercas, pernos, etc.

La aprobación de los planos no exime al Constructor de su responsabilidad por la correcta ejecución de los trabajos ni por la estabilidad de la obra luego de construida.

##### **650.4.1.2 Identificación de aceros durante la fabricación**

###### **650.4.1.2.1 Identificación por el Constructor**

El Constructor deberá suministrar al Interventor copias certificadas de todos los informes de análisis químicos y pruebas físicas para cada colada de acero, para todos los elementos, siempre que éste los requiera. Cada pieza de acero que se ha de fabricar, se deberá identificar convenientemente para el Interventor.

Los planos del taller deberán identificar específicamente cada pieza fabricada de acero de calidad diferente al acero ASTM A36. Las piezas hechas de acero de grados diferentes no tendrán la misma marca de ensamble o montaje, aunque sean de dimensiones y detalles idénticos.

El sistema de marcas guías utilizado por el Constructor para piezas individuales hechas de acero de calidad diferente al acero ASTM A36, y las instrucciones de corte dadas al taller (generalmente referenciando las marcas guías en los planos de taller con el ítem correspondiente a la orden de compra) deberán ser tales, que permitan identificar el número del informe de las pruebas de fábrica.

El Constructor podrá suministrar material en existencia, siempre que pueda ser identificado por el número de colada y el informe de pruebas de fábrica.

Cualquier material almacenado para uso posterior deberá ser marcado con el número del informe de pruebas de fábrica y con el código de identificación por colores (véase Tabla 650.3) de la norma AASHTO M160 (ASTM A6).

#### **650.4.1.2.2 Identificación de aceros durante la fabricación**

Durante la etapa de fabricación, cada pieza de acero de calidad diferente al acero ASTM A36, deberá llevar en forma clara y legible su código de identificación por colores mostrado en la Tabla.650.3.

Las piezas de acero marcadas individualmente que se utilizan en el tamaño suministrado, o que tienen un tamaño reducido por el desbastado de un borde o extremo que no altera el número de colado o código de color pueden ser utilizadas sin codificación adicional, siempre y cuando permanezca legible el número de colado o código de color.

Las piezas de acero de calidad diferente al acero ASTM A36, que han de cortarse en piezas de menor tamaño, antes de ser cortadas, deberán ser marcadas en forma legible con el código de identificación por colores de la norma AASHTO M160.

Las piezas individuales de acero de calidad diferente al acero ASTM A36, que han de suministrarse en paquetes rotulados deberán ser marcadas con el código de identificación por color de la norma AASHTO M160, a su retiro del paquete.

Las piezas de acero de calidad diferente al acero AASHTO M270 grado 36, que previamente al ensamble, están sujetas a operaciones de fabricación tales como limpieza con aire, galvanizado, tratamiento térmico o pintura que borre la marca del código de color, deberán ser marcadas con troqueles de acero o mediante un rótulo resistente bien pegado.

Se deberá utilizar el código de la Tabla 650.3 para identificar los aceros, en concordancia con esta especificación, durante toda la operación de fabricación.

Otros aceros con excepción del acero ASTM A36, excluido de la especificación AASHTO M160, deberán tener un código de color individual que deberá ser establecido y registrado para el Interventor.

Tabla 650.3  
Código de identificación por colores

NORMA	CÓDIGO
AASHTO M270	Grado 100 rojo
AASHTO M270	Grado 100W rojo y naranja
AASHTO M270	Grado 50 verde y amarillo
AASHTO M270	Grado 50W azul y amarillo

## 650.4.2 Fabricación

### 650.4.2.1 Almacenamiento de materiales

El material estructural, corriente o prefabricado, deberá ser almacenado en los talleres sobre plataformas elevadas, rodillos o cualquier otro tipo de soporte. Deberá mantenerse libre de tierra, grasa o cualquier materia extraña, y protegerse siempre contra la corrosión.

### 650.4.2.2 Montaje en el taller

El montaje total de una estructura completa, incluyendo el sistema de piso o el montaje de componentes individuales de la misma como armaduras, nervaduras de arcos, vigas continuas o vigas maestras, castilletes, caballetes y marcos rígidos, deberá ser realizado en el taller en la forma que sea requerida en los planos. En caso contrario, el Constructor podrá optar por el montaje parcial en taller, que será el mínimo trabajo de taller requerido antes de iniciar las operaciones de escariado, o las de taladrado en metal sólido, a tamaño normal, que deban ser efectuadas en el campo.

### 650.4.2.3 Perforación de agujeros para pernos

#### 650.4.2.3.1 Perforación de los agujeros

Todos los agujeros para los pernos de alta resistencia deberán ser punzonados, escariados o taladrados. Los agujeros terminados al tamaño normal deberán ser de 1/16 de pulgada (1.6 mm), mayores que el diámetro nominal del perno.

El material que forme parte de una pieza compuesta de no más de cinco espesores de metal puede ser punzonado a 1/16 de pulgada (1.6 mm) más grande que el diámetro nominal del perno, siempre que el grueso del metal no sea mayor de 3/4 de pulgada (1.91 cm) para acero al carbono, de 5/8 de pulgada (1.59 cm) para acero de aleación y de 1/2 pulgada (1.27 cm) para acero templado y revenido.

Cuando el material que forme parte de una pieza compuesta, sea de más de cinco espesores de metal, o alguno de los principales materiales sea más grueso que 3/4 de pulgada (1.91 cm) para el acero al carbono; de 5/8 de pulgada (1.59 cm) para acero de aleación y de 1/2 pulgada (1.27 cm) para acero templado y revenido, todos los agujeros deberán ser punzonados o taladrados a un diámetro menor de 3/16 de pulgada (0.476 cm), más pequeño que el diámetro nominal del perno y luego, durante el montaje fresados o escariados 1/16 pulgada (1.6 mm) mayores que el diámetro

nominal del perno. También pueden ser taladrados en el metal sólido, 1/16 de pulgada (1.6 mm) mayores que el diámetro nominal del perno.

#### **650.4.2.3.2 Perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos aprobados tipo aplastamiento.**

Todas las perforaciones para pernos nervados, pernos torneados u otros pernos tipo aplastamiento se deben taladrar 3/16 de pulgada (0.476 cm) más pequeños que el diámetro nominal del perno y ensancharse, montarse, o taladrarse con la ayuda de una plantilla metálica o después de montaje, a opción del fabricante. En ningún caso, las perforaciones terminadas necesitarán un ajuste a martillo.

#### **650.4.2.3.3 Agujeros a punzón**

El diámetro del troquel o matriz no deberá exceder de 1/16 de pulgada (1.6 mm) del diámetro nominal del perno. Si algunos de los agujeros se deben ampliar para admitir los pernos, se deben escariar.

Los agujeros punzonados deberán estar bien definidos sin bordes rasgados, rotos o disparejos.

La deficiente coincidencia de agujeros será causa suficiente para su rechazo.

#### **650.4.2.3.4 Agujeros taladrados o escariados**

Los agujeros taladrados o fresados deberán ser cilíndricos, perpendiculares a la pieza y no mayores de 1/16 de pulgada (1.6 mm) que el diámetro nominal del perno. Cuando sea factible, los escariadores deben dirigirse por medios mecánicos. Las rebabas en la superficie exterior, deben ser eliminadas y será motivo de rechazo la deficiente coincidencia de los agujeros. El taladro y el escariado se deben hacer con brocas helicoidales.

Las piezas armadas se deben desarmar para quitarles las rebabas ocasionadas por el taladrado.

#### **650.4.2.3.5 Agujeros para conexiones en obra, de miembros principales**

A menos que se especifique en otra forma en las especificaciones particulares, los agujeros para pernos de todas las conexiones y empalmes en obra, de piezas principales de armaduras, vigas y demás miembros principales, deberán ser punzonados o taladrados a un diámetro menor y posteriormente escariados al tamaño normal con una plantilla de acero, mientras se efectúa su montaje.

#### **650.4.2.3.6 Agujeros para conexiones en obra, de otros miembros que no sean principales**

Con excepción de los miembros principales mencionados anteriormente y donde no se requiera en los planos, perforación a un diámetro menor y posterior escariado, los agujeros en el material de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (1.91 cm) o menos de espesor, deberán ser perforados al diámetro total. Los agujeros de material de más de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (1.91 cm) de espesor, deberán ser perforados a un diámetro menor y luego escariados o bien taladrados en sólido, al tamaño normal.

#### **650.4.2.3.7 Precisión de los agujeros punzonados y de los taladrados a diámetro menor**

Todos los agujeros punzonados al tamaño normal, punzonados a un diámetro menor, o taladrados a un diámetro menor, se deben hacer con una precisión tal, que después de ensambladas las piezas (y antes de realizar el escariado) pueda pasarse perpendicularmente a las piezas y sin desalineado, una varilla cilíndrica de 1/8 de pulgada (0.32 cm) menor que el diámetro nominal del agujero en, por lo menos, un setenta y cinco por ciento (75%) de cualquier grupo contiguo de agujeros en el mismo plano. Si este requisito no se cumple, deben ser rechazadas las piezas incorrectamente perforadas. Si hay algún agujero que no permita el paso de una varilla de 3/16 de pulgada (0.476 cm) menor que el diámetro nominal de agujero perforado, ésto será causa suficiente para rechazarlo.

#### **650.4.2.3.8 Precisión de los agujeros escariados y de los taladrados a tamaño normal**

En el caso de los agujeros escariados y los taladrados a tamaño normal, el ochenta y cinco por ciento (85%) de ellos en cualquier grupo contiguo, después del escariado o taladrado, no deberá mostrar una desviación mayor de 1/32 de pulgada (0.8 mm) entre espesores adyacentes de metal.

#### **650.4.2.4 Enderezamiento del material**

Todo el material estructural deformado deberá ser enderezado por métodos adecuados, antes de ser armado, abrirle agujeros o trabajado de otra manera en el taller.

Las torceduras y dobleces ásperos o filosos serán causa de rechazo del material. El enderezado de extremos doblados de láminas, angulares y otros perfiles, se deberá hacer por métodos que no causen fractura u otros daños al material. Ningún metal deberá ser calentado, a menos que ésto sea estrictamente necesario, en cuyo caso el calentamiento se deberá hacer a una temperatura no mayor que la que produce un color rojo cereza. Después del calentamiento, el metal se deberá enfriar lentamente. A continuación del enderezado de una dobladura, la superficie del metal se debe inspeccionar cuidadosamente, buscando señales de posibles fracturas.

Excepto cuando se requiera una contraflecha, el material deberá llenar los siguientes requisitos de rectitud, cuando haya sido colocado en su lugar en el campo. La desviación permisible para una línea recta no debe exceder de un milímetro por metro (1 mm/m).

No se deberá usar ningún arriostamiento transversal u otros medios para forzar a un miembro a mantener la rectitud necesaria durante su armado.

#### **650.4.2.5 Curvatura de vigas laminadas y ensambladas**

La operación de curvado se debe realizar al calor antes de pintar el elemento; sin embargo, se puede efectuar antes o después de completar la soldadura que se requiera para los atiesadores transversales intermedios. El calentamiento se deberá conducir de tal manera, que la temperatura del acero no exceda de seiscientos veinte grados Centígrados (620°C). La viga no se podrá enfriar artificialmente hasta tanto la temperatura haya descendido a trescientos quince grados Centígrados (315°C).

Los aceros fabricados a un punto mínimo de fluencia en exceso de cincuenta mil libras por pulgada cuadrada (350 MPa), no pueden ser curvados al calor.

#### **650.4.2.6 Corte a la llama**

El acero estructural, puede ser cortado a la llama, siempre que se obtenga una superficie lisa, libre de muescas y grietas y se obtenga un perfil exacto mediante el empleo de una perfiladora mecánica. El corte de llama manual (a pulso) se debe hacer únicamente cuando sea autorizado en las especificaciones particulares. La llama cortante deberá ser ajustada y manipulada de modo que se evite cortar más allá (hacia adentro) de las líneas prescritas.

Las muescas, grietas y asperezas superficiales que no excedan de cinco milímetros (5 mm) de profundidad, pueden ser eliminadas por cepillado o esmerilado. Los defectos en bordes cortados con llama, no deberán ser reparados mediante soldadura, excepto cuando así se indique en las especificaciones particulares. Se pueden reparar con este método muescas o ranuras ocasionales con una profundidad menor de diez milímetros (10mm), en aquellos tipos de acero estructural considerados como soldables de acuerdo a las normas ASTM, para el acero de que se trate. La soldadura terminada se debe esmerilar para dejarla lisa y pareja con la superficie contigua.

#### **650.4.2.7 Ajuste para el empernado**

Las superficies de metal que entren en contacto, se deberán limpiar antes del montaje. Las partes de un miembro, se deberán montar bien aseguradas y firmemente unidas con pernos antes de empezar el escariado. Las piezas montadas se deben separar, si es necesario, para la remoción de rebabas y virutas producidas por el escariado. Todos los miembros deberán estar libres de torceduras, dobladuras y otras deformaciones.

#### **650.4.2.8 Diagrama de contraflechas**

El Constructor deberá proporcionar al Interventor un diagrama de contraflechas mostrando la contraflecha en todos los nudos de cada tramo o panel para cada armadura, tomado de las verdaderas medidas obtenidas durante el montaje en el taller, cuando se trate de montaje completo.

Cuando se use un montaje parcial, el diagrama de contraflechas se deberá basar en los valores calculados en cada nudo de la armadura.

Las armaduras deberán ser combadas de tal forma que todos los miembros queden rectos y alineados normalmente bajo la carga muerta completa. La fabricación y montaje de las armaduras se deberá ejecutar de tal manera que se reduzcan los esfuerzos secundarios hasta donde sea factible. Los empalmes en los cordones rectos y en las columnas, deberán ser escariados después de armar los miembros en sus posiciones geométricas apropiadas. Se deberá ejercer atención especial para la eliminación del efecto que producen las barras de amarre y los miembros secundarios. Así mismo, se deberán tomar las medidas adecuadas para compensar la pérdida de contraflecha, resultante de la soldadura de conectores de corte a los miembros estructurales.

#### **650.4.2.9 Marcas de coincidencia**

Las partes componentes armadas en el taller, con el propósito de abrir agujeros para las conexiones de campo, se deberán marcar para el montaje y se deberá proporcionar a los constructores en el campo y al Interventor, un diagrama que muestre tales marcas.



#### **650.4.2.10 Terminado de bordes y superficies de apoyo**

No se requiere pulir o dar terminado a los bordes de las piezas cizalladas o cortadas térmicamente, a no ser que específicamente se establezca en los planos, o que aparezca incluido en una especificación de preparado de borde para soldadura.

El terminado de las superficies de apoyo, placas base y otras superficies de apoyo que han de quedar en contacto con concreto o entre sí, deberá cumplir con los requisitos de aspereza superficial ANSI definidos en la norma ANSI B46.1, Aspereza Superficial, Ondulado y Trenzado, Parte I, así:

Placas de acero	ANSI 2.000
Placas pesadas en contacto en zapatas que han de soldarse	ANSI 1.000
Extremos cepillados de miembros a compresión o extremos pulidos de atiesadores o rellenos	ANSI 500
Rodillos y balancines de puentes	ANSI 250
Pasadores y huecos de pasadores	ANSI 125
Asientos de deslizamiento	ANSI 125

#### **650.4.2.11 Juntas colindantes**

Las juntas a tope de los miembros en compresión, deberán tener sus caras acabadas adecuadamente y ajustarse exactamente para asegurar un apoyo uniforme.

Los extremos de los miembros en tensión en los empalmes, deberán tener un acabado áspero, pero los extremos de los miembros no deberán estar en contacto. La abertura no deberá exceder de seis milímetros (6 mm).

#### **650.4.2.12 Fabricación de elementos**

A menos que se indique en los planos, las placas de acero para elementos principales y placas de empalme para aletas y los elementos principales sometidos a tensión deberán cortarse y fabricarse de tal forma, que la dirección primaria del laminado quede paralela a la dirección de los esfuerzos principales de tensión y/o compresión.

Los elementos fabricados deberán quedar bien aplomados y estar libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas.

#### **650.4.2.13 Platinas curvas**

Las platinas de acero laminado, no soldadas, curvadas en frío, que soportan carga deberán cumplir con lo siguiente:

Deberán tomarse de platinas en existencia cuya línea de doblez esté en ángulos rectos con la dirección del laminado, excepto que las nervaduras dobladas en frío para puentes de tablero ortotrópico puedan doblarse en la dirección del laminado, si el Interventor lo permite.

El doblado se deberá hacer de tal manera, que no ocurra ninguna rotura en la platina. Los radios mínimos, medidos en la cara cóncava del metal, están dados en la Tabla 650.4, donde “t” es el espesor de la platina.

La tolerancia para la recuperación del acero AASHTO M270 (ASTM A709) grados 70W y 100/100W deberá ser del orden de tres (3) veces la del acero estructural al carbono. Para el formato en prensa, la luz inferior del troquel deberá ser por lo menos dieciséis (16) veces el espesor de la platina. Se recomiendan golpes múltiples.

Tabla 650.4  
Radios de doblado

	ESPESOR EN PULGADAS “t”				
	Hasta ½	De ½ a 1	De 1 a 1 ½	De 1 ½ a 2 ½	De 2 ½ a 4
	RADIOS DE DOBLADO				
Acero estructural todos los grados	2t	2.5 t	3t	3.5 t	4t

Si se requiere un radio más corto, las platinas deberán ser dobladas al calor a una temperatura que no sobrepase de seiscientos cincuenta grados Centígrados (650°C), excepto para aceros AASHTO M270 grados 70W y 100/100W. Si las platinas de estos aceros tienen que ser dobladas en caliente a temperaturas superiores a quinientos ochenta grados Centígrados (580°C) o seiscientos diez grados Centígrados (610°C), respectivamente, dichos aceros se deberán templar y revenir de nuevo de acuerdo con la práctica de las acerías.

Previo al doblado, las esquinas de las platinas se deberán redondear a un radio de un milímetro y seis décimas (1.6 mm) en todas las partes de la platina que deben ser dobladas.

#### 650.4.2.14 Ajuste de los angulares de refuerzo

Los angulares de refuerzo para extremos de vigas o de soporte en puntos de cargas concentradas, deberán ser fresados, esmerilados o rectificadas adecuadamente, para asegurar un asiento parejo contra los angulares que forman el ala o contra el ala de las vigas. Se podrá permitir el uso de soldadura en vez de fresado o esmerilado, cuando así se especifique en los planos o en las especificaciones particulares.

Los angulares intermedios (que no soporten carga concentrada), deberán ser suficientemente ajustados para impedir el paso del agua después de ser pintados.

#### **650.4.2.15 Barras de ojo**

Los agujeros para pasadores pueden ser cortados con llama, a un diámetro por lo menos de cinco centímetros (5 cm) menor que el diámetro acabado del pasador. Las barras de ojo que vayan a ser colocadas lado a lado en la estructura, se deberán afianzar fuertemente unas con otras en el orden en que serán colocadas en el pasador y taladradas en ambos extremos mientras están sujetadas. Las barras de ojo deberán ser estampadas con letras de acero en las cabezas de cada pieza al terminar su fabricación, de modo que queden visibles cuando las barras sean colocadas en su lugar en la estructura. Las barras de ojo deberán ser rectas y estar libres de torceduras, y los agujeros para los pasadores deberán quedar situados con exactitud en la línea central de la barra. La inclinación de las barras con respecto al plano de la armadura no deberá exceder de cinco milímetros por metro (0.5 cm/m).

Los bordes de las barras de ojo que queden entre la línea media transversal de sus agujeros para pasadores, deberán ser cortados simultáneamente con dos (2) sopletes que trabajen mecánicamente uno frente al otro, guiados por una plantilla maciza para evitar la distorsión de las planchas.

#### **650.4.2.16 Revenido y alivio de esfuerzos**

Los elementos estructurales que deban revenirse o normalizarse, deberán maquinarse, taladrarse y enderezarse después del tratamiento al calor. El normalizado y revenido (temple total) se harán de acuerdo a lo especificado en la norma ASTM E44. La temperatura dentro del horno se deberá mantener uniforme durante el calentamiento y enfriamiento, de modo que no se presente una diferencia de temperatura mayor de treinta y ocho grados Centígrados (38°C) en dos puntos del elemento.

Los elementos de acero de calidad AASHTO M270, grados 70W y 100/100W, no se deben revenir, normalizar o aliviar de esfuerzos, sin la aprobación previa del Interventor.

Un registro de cada cargada de horno debe identificar las piezas e indicar las temperaturas y el programa realmente utilizados. Se deben proporcionar instrumentos apropiados, incluyendo pirómetros de registro, para determinar en cualquier momento la temperatura de los elementos dentro del horno. Los registros de la operación deben estar disponibles al Interventor y tener su aprobación. Las temperaturas de retención para el alivio de esfuerzos de aceros de calidad AASHTO M270, grados 70W y 100/100W no deberán exceder de quinientos ochenta grados Centígrados (580°C) o seiscientos diez grados Centígrados (610°C), respectivamente.

Los elementos, tales como zapatas de puentes, pedestales, y otras partes construidas mediante secciones de platina soldadas juntas, deberán aliviarse de esfuerzos de acuerdo con el párrafo 4.4 de la norma AWS D1.1 cuando lo requieran los planos, las especificaciones, o las disposiciones especiales que controlan el contrato.

#### **650.4.2.17 Pasadores y rodillos**

##### **650.4.2.17.1 Características generales**

Los pasadores y rodillos se deberán torneear exactamente a las dimensiones indicadas en los planos y estar rectos, lisos y libres de imperfecciones. Los pasadores y rodillos de más de veintidós

centímetros y nueve décimas (22.9 cm) de diámetro deberán ser de acero forjado y revenido. Los pasadores y rodillos de veintidós centímetros y nueve décimas (22.9 cm) o menos de diámetro, pueden ser ya sea forjados y revenidos o torneados de acero al carbono acabado en frío.

En los pasadores de más de veintidós centímetros y nueve décimas (22.9 cm) de diámetro, se deberá perforar un agujero de cinco centímetros (5 cm) de diámetro mínimo a todo lo largo del eje después que se ha enfriado la forja a una temperatura por debajo del rango crítico, bajo condiciones adecuadas, para evitar daño por enfriamiento demasiado rápido, y con anterioridad al temple.

#### **650.4.2.17.2 Perforación de los agujeros para pasadores**

Estos agujeros deberán ser taladrados lisos y rectos, de acuerdo con las medidas de los planos, en ángulo recto con los ejes del miembro y paralelos entre sí, a menos que se requieran en otra forma. La superficie final del agujero, deberá ser acabada con un taladro más fino.

#### **650.4.2.17.3 Espacio libre para pasadores**

El diámetro del agujero para pasador no deberá exceder el diámetro de éste en más de medio milímetro (0.5 mm) para pasadores de doce centímetros y siete décimas (12.7 cm) o menos en diámetro, ni de ocho décimas de milímetro (0.8 mm) para pasadores más grandes.

#### **650.4.2.17.4 Roscas para pasadores**

Las roscas para pasadores deberán ajustar con precisión en las tuercas y deberán cumplir con la Unified Standard UNC-ANSI B1.1 del American National Standards Institute, para clase 2 A en pasadores y pernos, y clase 2 B para tuercas; excepto para pasadores con diámetro de tres y medio centímetros (3.5 cm) o mayor, las roscas deben ser de seis (6) vueltas por pulgada.

#### **650.4.2.17.5 Tuercas guías y de montaje**

Dos (2) tuercas guías y dos (2) tuercas de montaje deberán ser proporcionadas para cada tamaño de pasador, a menos que los planos lo indiquen de otra forma.

#### **650.4.2.18 Conexiones con pernos normales**

##### **650.4.2.18.1 Generalidades**

Los pernos pueden ser no torneados, torneados, o pernos nervados que cumplan con los requisitos de los pernos grado A de la norma ASTM A3307 para sujetadores de acero de bajo contenido de carbón roscados exterior e interiormente. Las conexiones pernadas se utilizan solamente como se indica en los planos o en disposiciones especiales. Los pernos deberán tener doble tuerca o tuercas sencillas de cierre automático a menos que se indique diferente en los planos o en las disposiciones especiales. Cuando las caras de apoyo tienen una pendiente de más de 1:20 con respecto a un plano normal al eje del perno, se deberán utilizar arandelas biseladas.

##### **650.4.2.18.2 Pernos sin tornear**

A menos que se especifiquen otros tipos, se deberán suministrar pernos sin tornear.

### **650.4.2.18.3 Pernos torneados**

La superficie del cuerpo de los pernos torneados deberá tener un grado de aspereza de 125 según la norma ANSI. Las cabezas y tuercas deberán ser hexagonales con las dimensiones estándar para pernos del tamaño nominal especificado o el tamaño nominal siguiente. El diámetro de las roscas deberá ser igual al cuerpo del perno o al diámetro nominal del perno especificado. Los huecos para pernos torneados deberán ser ensanchados cuidadosamente con los pernos suministrados para proveer un ligero ajuste de martillo. Las roscas deberán quedar totalmente fuera de los huecos y una arandela se proveerá bajo la tuerca.

### **650.4.2.18.4 Pernos nervados**

El cuerpo de los pernos nervados deberá ser de una forma aprobada con nervaduras continuas longitudinales. El diámetro del cuerpo medido sobre un círculo a través de los puntos de las nervaduras deberá ser dos milímetros (2.0 mm) mayor que el diámetro nominal especificado en los pernos.

A menos que se especifique diferente, los pernos nervados se deberán suministrar con cabezas redondas de acuerdo a la norma ANSI B18.5. Las tuercas deberán ser hexagonales, bien sea ahuecadas o con una arandela de espesor adecuado. Los pernos nervados harán con los huecos un ajuste estrecho. La dureza de las nervaduras deberá ser de tal manera, que éstas no se aplasten demasiado para permitir el giro de los pernos dentro de los huecos durante el apretado. Si el perno se tuerce por cualquier razón antes de ser apretado, el hueco se deberá ensanchar con cuidado y el perno deberá ser reemplazado por uno de mayor tamaño.

## **650.4.2.19 Conexiones con pernos de alta resistencia**

### **650.4.2.19.1 Generalidades**

Los pernos de alta resistencia, las tuercas y roldanas de los mismos, deberán estar de acuerdo al numeral 650.2.1.8. Las cabezas y las tuercas deberán ser hexagonales. Las roldanas circulares deberán ser planas y lisas y las roldanas biseladas, cuadradas o rectangulares. Las medidas de los pernos y tuercas deberán satisfacer los requisitos de ANSI B18.2 para pernos pesados hexagonales y tuercas pesadas semi-acabadas, hexagonales.

### **650.4.2.19.2 Piezas unidas con pernos y montaje**

Las superficies de las piezas en contacto con la cabeza del perno y la tuerca, deberán tener una inclinación no mayor de 1 a 20, con respecto al plano perpendicular al eje del perno. Las partes deberán ajustarse sólidamente entre sí al ser montadas, y no se deberán separar con empaques u otro material compresible.

Las superficies de contacto de las juntas deberán estar libres de suciedad, aceite, pintura, laca, galvanizado, escamas de óxido sueltas, rebabas, picaduras y otros defectos que eviten el contacto íntimo de las partes.

Los pernos deberán ser instalados con una roldana endurecida debajo del elemento (tuerca o cabeza de perno) que dé vuelta al ser apretado. La roldana deberá ser lisa cuando la superficie de contacto

de la pieza a unir con el perno o tuerca, tenga una inclinación no mayor de 1 a 20, en relación con el plano normal al eje del perno.

Cuando la cara exterior de la pieza en contacto tenga una inclinación mayor, se deberán usar roldanas biseladas para compensar la falta de paralelismo.

Los pernos pueden ser apretados con llaves de fuerza calibradas, llaves de impacto, llaves de torsión manuales u otro método aprobado, hasta alcanzar la tensión requerida en los planos o disposiciones especiales. La tensión mínima no debe ser menor que la tensión de prueba señalada en la Norma NSR-98, artículo F.2.10.3, según lo muestra la Tabla 650.4.

Tabla 650.4  
Tensión mínima en pernos (Toneladas)

DIMENSIÓN NORMAL DEL PERNO		TIPO DE PERNO	
Pulgadas	mm	ASTM A-325	ASTM A-490
1/2	12.7	5.4	6.8
5/8	15.9	8.6	10.9
3/4	19.1	12.7	15.9
7/8	22.2	17.7	22.2
1	25.4	23.1	29.0
1 1/8	28.6	25.4	36.2
1 1/4	31.8	32.2	46.2
1 3/8	34.9	38.5	54.8
1 1/2	38.1	46.7	67.0

La tensión deberá ser comprobada por el Interventor, mediante llaves de torsión manuales calibradas. Las tuercas deberán ser colocadas del lado no visible de los miembros y los agujeros de los pernos deberán estar de acuerdo a lo especificado en el numeral 650.4.2.3.

Los pernos ASTM A-490 y los pernos galvanizados ASTM A-325 no se deben reutilizar. Solamente se pueden reutilizar los pernos ASTM A-325, si se tiene la aprobación del Interventor. La corrección o reajuste de pernos previamente apretados que se pueden haber aflojado por el ajuste de los pernos contiguos no debe ser considerado como reutilización, siempre y cuando el ajuste continúe desde la posición inicial y no requiera una rotación mayor que la de la Tabla 650.5, incluyendo la tolerancia.

#### 650.4.2.20 Soldadura

La soldadura se deberá hacer de acuerdo con las prácticas más modernas y cumpliendo los requisitos aplicables de AWS, D1.1, excepto cuando se disponga en otra forma en los planos o disposiciones especiales. Los planos deberán indicar claramente el sitio, tipo, tamaño y amplitud de todas las soldaduras distinguiéndose, además, claramente entre las de taller y las que se deben hacer en obra.

El Constructor, deberá someter a la aprobación del Interventor, con anterioridad al inicio del trabajo, los procedimientos propuestos para soldadura, que llevará a cabo tanto en el taller como en la obra.

Tabla 650.5  
Rotación de tuercas completamente apretadas (a)(b)

LONGITUD DEL PERNO (LADO INFERIOR DE LA CABEZA AL EXTREMO DEL PERNO)	DISPOSICIÓN CARAS EXTERNAS DE LAS PARTES PERNADAS		
	AMBAS CARAS NORMALES AL EJE DEL PERNO	UNA CARA NORMAL AL EJE DEL PERNO, LA OTRA INCLINADA 1:20 MÁXIMO (SIN ARANDELAS BISELADAS)	AMBAS CARAS INCLINADAS 1:20 MÁX. DE LA NORMAL AL EJE DEL PERNO (SIN ARANDELAS BISELADAS)
Hasta 4 días inclusive	1/3 de vuelta	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta
De 4 a 8 días inclusive	1/2 de vuelta	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta
De 8 a 12 días inclusive (c)	2/3 de vuelta	5/6 de vuelta	1 vuelta

Notas:

- (a) Rotación de la tuerca relativa al perno, sin tener en cuenta el elemento (tuerca o perno) que gira. Tolerancia de rotación: hasta 1/2 pulgada o menos, más o menos 30 grados; 2/3 de vuelta o más, más o menos 45 grados.
- (b) Aplicable sólo a conexiones en que todo el material del agarre es acero.
- (c) No se ha establecido un procedimiento de vuelta de tuerca para los pernos con longitudes mayores de 12 diámetros. Por consiguiente la rotación se determinará por pruebas reales en dispositivos adecuados para medir la tensión.

Todos los equipos de soldadura así como los operadores de los mismos deben ser precalificados previamente por una organización aprobada por el Instituto Nacional de Vías y de acuerdo con los procedimientos de AWS D1.1. Sin embargo, cuando una empresa fabricante de reconocida capacidad y experiencia, precalifica sus equipos de soldar y a los operarios de los mismos, de acuerdo con las normas AWS D1.1, citadas y presente la certificación correspondiente donde conste que el equipo de soldar y los operarios han sido calificados dentro de los doce (12) meses anteriores a la iniciación del trabajo en la estructura de que se trate, y que ha estado llevando a cabo soldaduras satisfactorias del tipo exigido, en el período de tres (3) meses anteriores al trabajo requerido, el Interventor podrá considerar idóneos tales equipos y operarios.

Cuando la empresa fabricante o el Constructor no ha tenido las facilidades para precalificar sus equipos y operarios, éstos podrá ser precalificados de acuerdo a AWS D1.1, citadas, por una organización aprobada.

No obstante lo anterior, el Interventor podrá ordenar el examen de los equipos que, a su juicio, no sean satisfactorios o de los operarios cuya habilidad o experiencia sea dudosa.

Las soldaduras no se deberán hacer cuando las superficies estén mojadas o expuestas a la lluvia, viento fuerte o cuando los soldadores estén expuestos a condiciones inclementes del tiempo.

Las soldaduras no se deben exceder de las especificadas en los planos, ni deben ser cambiadas sus localizaciones sin la aprobación expresa del Interventor.

#### **650.4.2.21 Pintura de taller**

##### **650.4.2.21.1 Preparación de la superficie**

Las superficies de metal a pintarse, incluyendo las galvanizadas, se deberán limpiar perfectamente, quitando el polvo, óxido, las escamas sueltas de laminado, escamas de soldadura, suciedad, aceite o grasa y otras sustancias extrañas. A menos que la limpieza se efectúe por medio de chorro de arena, debe neutralizarse toda el área de soldadura con un agente químico apropiado y debe lavarse bien con agua, antes de principiar la limpieza.

Para evitar la oxidación de un área limpiada, previa a su pintura, aquella debe ser suficientemente pequeña. Si las superficies que ya se han limpiado se oxidan antes de aplicarles la pintura, el Constructor deberá limpiarlas de nuevo, por su propia cuenta.

La primera mano de pintura deberá aplicarse a superficies completamente libres de oxidación.

La limpieza se deberá efectuar con abrasivos (chorro de arena o de limaduras de acero), vapor o disolventes, según se indique en los documentos del proyecto. Se utilizarán cepillos de alambre manuales o mecánicos, herramientas de raspado manual o papel de lija, para remover todo el polvo, herrumbre suelta y escamas de laminado o la pintura que no esté firmemente adherida a las superficies metálicas.

Todas las superficies galvanizadas que han de pintarse, se deberán limpiar primero mediante el lavado con un disolvente de espíritu mineral, para remover cualquier aceite, grasa o material extraño al recubrimiento galvanizado.

##### **650.4.2.21.2 Aplicación de pintura de taller**

La estructura de acero deberá ser pintada con dos (2) manos de pintura de taller, después de que haya sido aceptada, y antes de su envío.

Las superficies que no vayan a quedar en contacto entre sí, pero que sean inaccesibles después del montaje final, se deben pintar con tres (3) manos de pintura de taller. Las superficies que vayan a quedar en contacto entre sí en el campo, deben recibir una (1) mano de pintura en el taller, excepto los empalmes principales para cordones de armadura y los empalmes grandes de vigas armadas que involucren múltiples espesores de metal, en cuyo caso la mano de pintura de taller dificultaría el montaje. Las superficies de contacto en el campo que no hayan sido pintadas con una (1) mano de pintura de taller, deben recibir una (1) mano de laca u otro recubrimiento protector aprobado.

No se deben pintar las superficies que vayan a estar en contacto con el concreto.

El acero estructural que vaya a ser soldado, no se debe pintar antes de que la soldadura haya sido completada. El acero que se vaya a soldar solamente en el taller y seguidamente haya de unirse con pernos en el campo, deberá recibir dos (2) manos de pintura después que se haya terminado la soldadura de taller. El acero que vaya a ser soldado en el campo, deberá recibir una (1) mano de



aceite de linaza hervido o de otro recubrimiento protector aprobado, después que se haya completado la soldadura y montaje en el taller.

Se deberá dar una (1) mano de pintura a las piezas fundidas de hierro y acero, pulidas o acabadas.

Con excepción de las juntas a tope y láminas de base, las superficies acabadas a máquina deberán ser pintadas tan pronto como sea posible, después de haber sido aceptadas, con una mezcla caliente de albayalde y sebo, o con una (1) mano de otro protector debidamente aprobado, antes de retirarlas del taller.

Las marcas de montaje para identificación de los miembros en el campo y las marcas indicadoras del peso, se deben pintar sobre superficies previamente pintadas con la mano de pintura de taller. El material no se debe cargar para su envío, a menos que esté completamente seco y, en cualquier caso, en no menos de veinticuatro (24) horas después que la pintura haya sido aplicada.

#### **650.4.2.21.3 Limitaciones**

No se debe aplicar pintura cuando la temperatura del acero pase de treinta y ocho grados centígrados (38° C), cuando haya niebla, cuando esté llovisnando o lloviendo, o la humedad relativa del aire exceda de ochenta y cinco por ciento (85%), o cuando la temperatura del aire sea inferior a cinco grados centígrados (5° C).

No se deberá aplicar pintura sobre superficies húmedas o sobre superficies tan calientes que produzcan ampollas en la pintura o una película porosa de la misma.

Cuando la pintura deba aplicarse forzosamente en tiempo húmedo o frío, el acero deberá ser pintado bajo techo o cubierta y mantenerse resguardado hasta que la pintura seque completamente o hasta que las condiciones del tiempo permitan su exposición al aire libre.

#### **650.4.2.21.4 Aplicación de otros tipos de pintura**

En caso de que los documentos del proyecto indiquen la aplicación de pinturas diferentes a las especificadas en el numeral 650.2.10, aquellos deberán indicar el procedimiento de aplicación en el taller y en el campo, así como sus limitaciones.

### **650.4.3 Embarque y almacenamiento de los elementos**

#### **650.4.3.1 Embarque**

El Constructor deberá marcar cada elemento apropiadamente para facilitar el montaje y deberá suministrar al Interventor un diagrama de montaje, así como todas las copias que éste demande de órdenes de materiales, diagramas de montaje y relaciones de despachos que indiquen los pesos de los elementos individuales. Los elementos que pesen más de tres toneladas (3 ton) deberán llevar los pesos marcados sobre ellos.

Los elementos estructurales se deberán cargar en camiones, de tal forma que puedan ser transportados y descargados en el sitio de destino, sin sufrir esfuerzos excesivos, deformarse o dañarse de otra manera.

Los pernos de la misma longitud y diámetro, lo mismo que las tuercas o arandelas sueltas de cada tamaño se deben empacar por separado. Los pasadores, partes pequeñas y paquetes de pernos, arandelas y tuercas se deben despachar en cajas, guacales o barriles, pero el peso bruto de cada paquete no debe exceder de ciento cincuenta kilogramos (150 kg). Una lista y descripción del material contenido se debe marcar claramente en el lado exterior de cada paquete de embarque.

#### **650.4.3.2 Almacenamiento**

El acero se debe almacenar sobre plataformas o sobre largueros por encima del suelo y se debe proteger, tanto como sea posible, de la exposición a condiciones que produzcan oxidación u otro deterioro superficial. Las vigas de alma llena y las vigas armadas, se deberán colocar con el alma vertical y deberán ser apuntaladas. Los miembros largos, tales como columnas y cordones, se deberán apoyar sobre largueros colocados lo suficientemente cerca para evitar daños por deflexión.

#### **650.4.4 Montaje**

##### **650.4.4.1 Generalidades**

Si la infraestructura y la superestructura se construyen bajo contratos diferentes, se deberán proporcionar al Constructor todas las obras de infraestructura de acuerdo a las elevaciones y alineamientos correctos y se deben establecer las elevaciones y alineamientos para la colocación del acero.

El Constructor deberá instalar la estructura metálica, retirar la construcción provisional y ejecutar todos los trabajos necesarios para la terminación de la obra. En caso de estipularse, deberá retirar las estructuras existentes, todo en concordancia con los planos y las especificaciones.

##### **650.4.4.2 Diagrama de montaje**

Si la fabricación y el montaje de la superestructura se realizan bajo contratos diferentes, el Interventor deberá suministrar los planos de detalle de la estructura que ha de montarse, incluyendo detalles de taller, diagramas de arqueo, diagramas de montaje, lista de los pernos de campo, y copia de la relación de despachos que muestre la lista de las partes, con sus pesos respectivos.

Si las dos actividades se ejecutan en el mismo contrato, el Constructor deberá proporcionar diagramas de montaje preparados por el fabricante, en los cuales se deberá indicar el método y procedimiento de montaje por emplear, los cuales deberán ser compatibles con los detalles de fabricación.

##### **650.4.4.3 Obra falsa**

La obra falsa o construcción provisional necesaria para el montaje de la estructura de metal, deberá ser diseñada, sólidamente construida, y mantenida en forma adecuada para que resista las cargas a que será sometida.

Si se requiere, el Constructor deberá proponer y someter para la aprobación del Interventor, planos de la obra falsa y de los cambios necesarios para mantener el tránsito en estructuras existentes. La aprobación de los planos del Constructor no lo exonera de cualquier responsabilidad.

#### **650.4.4.4 Métodos de trabajo**

Con anterioridad al inicio de los trabajos de montaje, el Constructor deberá informar al Interventor sobre el método de montaje que se propone seguir, como también la cantidad y características del equipo que se propone utilizar, el cual está sujeto a la aprobación de éste. La aprobación del Interventor no exonera al Constructor de la responsabilidad por la seguridad de su método o equipo y de la ejecución de los trabajos en total concordancia con los planos y las especificaciones. No se deberá ejecutar ningún trabajo sin antes haber obtenido la aprobación del Interventor.

#### **650.4.4.5 Apoyos y anclajes**

##### **650.4.4.5.1 Preparación de las áreas de soporte**

El Constructor de la infraestructura, deberá terminar las áreas de apoyo para las zapatas de la armadura de acero, de acuerdo con los planos y niveles requeridos. Las zapatas y láminas de soporte no deben ser colocadas sobre superficies indebidamente acabadas, deformadas o irregulares. El Constructor de la superestructura deberá verificar la localización, elevaciones y acabado de las áreas de soporte, y notificar al Interventor sobre cualquier variación de los requisitos de los planos.

Los apoyos para puentes no se deberán colocar sobre superficies que presenten irregularidades o estén terminadas incorrectamente.

##### **650.4.4.5.2 Métodos de colocación de las zapatas y láminas de soporte**

El Constructor de la superestructura, deberá colocar las zapatas niveladas en su posición exacta sobre las áreas de apoyo.

Las zapatas y láminas de soporte, pueden ser colocadas sobre capas de lona de algodón y minio rojo; láminas de plomo; almohadillas preformadas de caucho y fibra de algodón; o almohadillas elásticas de soporte de las calidades indicadas en el numeral 650.2.9, o bien sobre una capa de mortero de cemento Portland, según los detalles de los planos o las disposiciones especiales. En caso de usar mortero de cemento, se debe cuidar de no colocar ninguna carga sobre las zapatas hasta que el mortero haya endurecido por lo menos durante noventa y seis (96) horas, debiendo conservarse humedecido el mismo durante ese período.

##### **650.4.4.5.3 Pernos de anclaje**

La ubicación de los pernos de anclaje en relación con los agujeros de las zapatas o láminas de soporte deberá ser la que corresponda a la temperatura al efectuarse el montaje. Las tuercas en los pernos de anclaje de los apoyos móviles de puentes se deberán ajustar para permitir el libre movimiento de la estructura.

Si la infraestructura y la superestructura van a ser construidas bajo contratos separados, los pernos de anclaje deben ser colocados por el Constructor de la infraestructura y será responsabilidad del Constructor de la superestructura proporcionar al primero los pernos de anclaje y los planos correctos para su colocación.

#### **650.4.4.5.4 Láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre**

Cuando se empleen láminas de soporte o de expansión de bronce o de aleación de cobre, de la calidad especificada en el numeral 650.2.9.3, las superficies de deslizamiento del acero en contacto con las láminas de soporte o de expansión, deberán ser recubiertas con un lubricante del tipo recomendado por el fabricante de las láminas.

#### **650.4.4.5.5 Balancines y soportes colgantes**

A menos que se indique en otra forma en los planos o disposiciones especiales, los soportes especiales, como los balancines y los soportes colgantes para tramos suspendidos, deberán ser colocados a plomo y los dispositivos de expansión ajustados a la temperatura durante el montaje, y tomando en cuenta el cambio de longitud de la estructura debido a la deflexión por carga muerta.

#### **650.4.4.6 Enderezamiento de material doblado y contraflecha**

##### **650.4.4.6.1 Enderezamiento de material doblado**

El enderezamiento de platinas, ángulos, otros perfiles y elementos armados, cuando lo autorice el Interventor, se deberá llevar a cabo por métodos que no produzcan roturas u otros tipos de averías. Los elementos torcidos se deben enderezar por medios mecánicos, con la aprobación del Interventor, por procedimientos planeados cuidadosamente y aplicación supervisada de una cantidad limitada de calor. Los elementos de acero de calidad NTC 4012 (ASTM A852), solamente se pueden enderezar al calor, mediante procedimientos rígidamente controlados y cada aplicación de calor está sujeta a la aprobación del Interventor. En ningún caso, la temperatura máxima del acero NTC 4014 (ASTM A514) deberá exceder de quinientos ochenta o seiscientos diez grados centígrados (580° C ó 610° C) respectivamente, ni exceder de cuatrocientos ochenta o quinientos diez grados centígrados (480° C ó 510° C), respectivamente, en el metal de aporte o dentro de quince centímetros (15 cm) de éste. El calor no se puede aplicar directamente sobre el metal de aporte. En todos los demás aceros, la temperatura del área calentada no deberá exceder de seiscientos cincuenta grados centígrados (650° C) (un rojo apagado) según puede controlarse con tizas indicadoras de temperatura, líquidos o termómetros bimetales.

Las paredes que se han de enderezar al calor, deberán estar sustancialmente libres de esfuerzos y de fuerzas externas, salvo los esfuerzos resultantes de los medios mecánicos utilizados conjuntamente con la aplicación de calor.

Luego de enderezado de una curva o bomba, se deberá inspeccionar cuidadosamente la superficie del metal, para detectar cualquier tipo de rotura.

##### **650.4.4.6.2 Contraflecha**

La corrección de errores en el bombeo en vigas y viguetas de material NTC 4014 (ASTM A514) se deberá hacer solamente bajo procedimientos rígidamente controlados.

#### **650.4.4.7 Ensamblaje**

Las partes se deberán ensamblar con exactitud, siguiendo las indicaciones de los planos y las contramarcas de montaje. El material se debe manejar con cuidado con el fin de evitar que alguna

de las partes sufra dobleces, rupturas y averías. Se debe evitar el martilleo que cause daños o torceduras a los elementos. Antes del ensamble de los elementos se deberán limpiar las superficies de apoyo y aquellas que estén en contacto permanente.

#### **650.4.4.8 Conexiones con pasadores**

El clavado de pasadores se deberá llevar a cabo con la utilización de tuercas guías y tuercas de golpeo suministradas por el Constructor sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías. Los pasadores se deberán clavar en forma tal, que los elementos tengan contacto completo sobre ellos. Las tuercas de los pasadores se deberán atornillar con fuerza y las roscas escariarse con una herramienta en el lado de la tuerca.

#### **650.4.4.9 Pintura de campo**

Cuando el trabajo de montaje en el campo haya terminado, incluyendo todo el empernado, soldado y el enderezado del metal doblado, se deberá eliminar todo el óxido, escamas, suciedad, grasa y otro material extraño adherido, según se especifica en el numeral 650.4.2.21.1, antes de la aplicación de cualquier pintura.

Se deberá aplicar una (1) mano de retoque a todos los pernos y soldaduras de campo, inspeccionados y aprobados y a cualesquiera superficies cuya pintura de taller se haya gastado o deteriorado.

Cuando la mano de retoque de campo haya secado completamente y la limpieza de campo se haya terminado satisfactoriamente, se deberán aplicar las manos de campo que sean requeridas en los planos o las disposiciones especiales, pero no menos de dos (2).

En ningún caso, se deberá aplicar una (1) mano de pintura hasta que la mano anterior haya secado completamente en todo el espesor de la película de pintura. Todos los intersticios y cavidades pequeñas que no fueron selladas a prueba de agua al aplicar la primera mano de campo, se deberán llenar con una mezcla pastosa de albayalde rojo y aceite de linaza, antes de aplicar la segunda mano.

Aquellas superficies que sean inaccesibles después del montaje, se deberán pintar previamente con dos (2) manos de campo.

La aplicación de la segunda mano de campo se debe posponer hasta que se haya colocado y acabado el trabajo del concreto adyacente. Si las operaciones del concreto han dañado la pintura, la superficie afectada se deberá limpiar y pintar de nuevo.

Si el tránsito produce una cantidad dañina de polvo, el Constructor deberá, antes de aplicar la pintura y por su propia cuenta, reprimir el polvo a una distancia prudencial y tomar precauciones necesarias para evitar que éste y la suciedad entren en contacto con las superficies pintadas.

Las limitaciones climatológicas indicadas para la pintura en taller, rigen igualmente para la pintura de campo.

#### **650.4.4.10 Ajustes de defectos**

La corrección de defectos menores que comprenden pequeñas cantidades de rimado, cortado y virutas, se considera como parte normal del montaje. Sin embargo, cualquier error en la fabricación de taller o deformación resultante del manejo y transporte, que impida el ensamble correcto y el encaje de las partes por el uso moderado de pasadores de montaje o por una cantidad apreciable de rimado y cortado o cincelado, se debe reportar inmediatamente al Interventor y obtener la aprobación del método de corrección, la cual se debe realizar en presencia de éste. Si se trata de un contrato de montaje únicamente, el Interventor, con la cooperación del Constructor, deberá mantener un registro completo de los materiales y la mano de obra utilizados.

#### **650.4.5 Remoción de la obra falsa y limpieza**

Al terminar el montaje y antes de su aceptación final, el Constructor deberá retirar toda obra falsa, materiales excavados y no utilizados, desechos, basura y construcciones temporales, restaurando en forma aceptable toda la propiedad, tanto pública como privada, que pudiera haber sido afectada durante la ejecución de este trabajo y dejará el lugar de la estructura y el área adyacente, limpios y presentables.

#### **650.4.6 Manejo ambiental**

Todas las actividades relacionadas con la fabricación, embarque, almacenamiento y montaje de las estructuras de acero, así como la remoción de la obra falsa y limpieza, deberán ejecutarse de conformidad con la legislación ambiental vigente.

### **650.5 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

#### **650.5.1 Controles**

Durante la ejecución de los trabajos, el Interventor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar que los materiales empleados cumplan los requisitos de calidad especificados.
- Revisar y aprobar cuando corresponda, los diseños, planos y diagramas necesarios para la ejecución de los trabajos.
- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el Constructor.
- Evaluar los métodos de trabajo propuestos por el Constructor y aprobarlos cuando los considere adecuados.
- Vigilar que los trabajos se realicen de acuerdo con los planos del proyecto, las disposiciones especiales y esta especificación.
- Verificar que las conexiones con pernos tengan la tensión apropiada.
- Exigir las certificaciones requeridas para el equipo de soldadura y sus operarios.

- Medir, para efectos de pago, las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente.

## **650.5.2 Condiciones específicas para el recibo y tolerancias**

### **650.5.2.1 Recibo de materiales**

Siempre que lo considere conveniente, el Interventor exigirá al Constructor los informes de análisis químicos y pruebas físicas efectuadas por el fabricante, que determinen la calidad del acero empleado. Si no los suministra, el Interventor, ordenará la ejecución de las pruebas pertinentes, a expensas del Constructor. Todo material que no cumpla las exigencias de la respectiva especificación, será rechazado.

### **650.5.2.2 Identificación**

El Interventor se abstendrá de autorizar la fabricación de la estructura, si las piezas no están debidamente identificadas como se indica en el numeral 650.4.1.2.

### **650.4.2.3 Perforaciones**

Sólo se aceptará acero en el cual las perforaciones efectuadas a las piezas, se encuentren dentro de las tolerancias mencionadas en el numeral 650.4.2.3.

### **650.5.2.4 Fabricación y montaje**

El Interventor sólo aceptará la obra ejecutada de acuerdo con los diseños y diagramas de montaje, empleando los materiales adecuados y cumpliendo los requisitos y tolerancias establecidos en los diferentes apartes del numeral 650.4.

Todo material u obra ejecutada, cuya calidad y características no se ajusten a los planos, las disposiciones especiales, esta especificación y las instrucciones del Interventor, deberán ser corregidos por el Constructor, sin costo alguno para el Instituto Nacional de Vías, empleando procedimientos aprobados por el Interventor, de manera que el trabajo corregido sea de su entera satisfacción.

## **650.6 MEDIDA**

La unidad de medida del acero estructural será el kilogramo (kg), aproximado al entero, de acero incorporado en la estructura, de acuerdo con los planos, las especificaciones y las instrucciones del Interventor.

La medida incluye el acero estructural, apoyos especiales y demás materiales complementarios requeridos en los planos y disposiciones especiales, satisfactoriamente suministrados y montados, incorporados permanentemente en la estructura objeto del trabajo.

Los tipos de miembros de acero y otros materiales estructurales que se midan, deberán estar de acuerdo con la clasificación señalada en los planos o en las disposiciones especiales. Los pernos de

anclaje se deberán incluir para el pago, aún cuando los mismos no sean instalados por el Constructor de la superestructura.

No se debe hacer medida por separado de los pasadores y pernos de montaje; pintura de taller y de campo; galvanizado; cajas, jaulas y otros empaques usados para embarques; obra falsa; soleras, puntales y varillas empleadas para sostener las piezas durante su transporte y montaje; y demás materiales requeridos para completar satisfactoriamente el trabajo de acuerdo con los planos, las especificaciones y las instrucciones del Interventor.

Tampoco habrá medida separada de almohadillas elastoméricas o preformadas, excepto si ellas están consideradas en otra partida de pago.

### **650.6.1 Masa de los metales**

Se deberá calcular con base en las siguientes masas unitarias, en kilogramos por metro cúbico (kg/m<sup>3</sup>).

Aluminio fundido o forjado	2770
Bronce fundido	8580
Aleación de cobre	8580
Cobre en láminas	8930
Hierro fundido	7120
Hierro maleable	7520
Hierro forjado	7790
Plomo en láminas	11310
Acero, laminado, fundido, cobrizo, al silicio, al níquel e inoxidable, todos los grados	7840
Zinc	7200

### **650.6.2 Perfiles, láminas, barras y tuberías de acero**

Como una excepción de lo estipulado anteriormente, las masas de los perfiles estructurales y otras piezas laminadas a rodillo, barras y láminas, así como la tubería de acero, se deberán calcular con base en los pesos nominales indicados en los manuales, usando las medidas mostradas en los planos aprobados de fabricación. A menos que se indique en otra forma en dichos planos, se deberán deducir todos los recortes, cortes y agujeros abiertos, con excepción de los agujeros para pernos. No se permiten tolerancias para excesos de peso ni para capas protectoras. La masa de todas las cuñas mostradas en los planos aprobados de fabricación, será incluido en la cantidad de acero estructural que deba pagarse.

### **650.6.3 Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldanas y puntas roscadas salientes de pernos**

La masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldadas y puntas roscadas salientes de pernos, se deberán calcular con base en los valores indicados en la Tabla 650.6.



Tabla 650.6  
Masa de las cabezas de pernos, tuercas, roldadas y puntas roscadas salientes de pernos

DIÁMETRO DEL PERNO		MASAS POR 100 PERNOS KILOGRAMOS
PULGADAS	CENTÍMETROS	
1/2	1.27	8.94
5/8	1.59	14.38
3/4	1.90	23.77
7/8	2.22	36.47
1	2.54	52.93
1 1/8	2.86	74.89
1 1/4	3.17	96.16
1 3/8	3.49	127.00
1 1/2	3.81	154.22

#### 650.6.4 Soldaduras

La masa se deberá calcular con base en el volumen teórico de las medidas de las soldaduras, añadiéndole un cincuenta por ciento (50%) como compensación por excedentes.

#### 650.6.5 Piezas fundidas

La masa de las piezas fundidas se deberá calcular con base en las medidas mostradas en los planos, descontando los agujeros, y añadiéndole un cinco por ciento (5%) como compensación por biseles y excedentes. Pueden ser sustituidos las masas calculadas por las pesos de la báscula en el caso de partes fundidas pequeñas y complejas, sobre las cuales resultarían difíciles los cálculos de masas exactas.

#### 650.7 FORMA DE PAGO

El pago se hará al precio unitario del contrato, por todo trabajo ejecutado de acuerdo con los planos y esta especificación y aceptado a satisfacción por el Interventor.

##### 650.7.1 Diseño y fabricación de estructura metálica

El precio unitario para el diseño y fabricación de la estructura metálica deberá cubrir todos los costos por concepto del diseño de la estructura; suministro de materia prima, cargues, transportes, descargues, almacenamiento, corte, ensayos, patentes, desperdicios, fabricación y montaje en el taller, pintura de taller, equipo y mano de obra necesarios para ejecutar correctamente el trabajo especificado de acuerdo con los planos, esta especificación y las instrucciones del Interventor. Además, deberá incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

##### 650.7.2 Fabricación de estructura metálica

El precio unitario por la fabricación de la estructura metálica incluye todos los conceptos mencionados en el párrafo anterior, excepto el valor del diseño de la estructura.

### **650.7.3 Transporte de estructura metálica**

El precio unitario para el transporte de la estructura metálica deberá cubrir todos los costos por concepto de trasladar la estructura, aceptada por el Interventor, del taller al sitio de instalación de la obra, y su almacenamiento de acuerdo con las indicaciones del Interventor. Además, deberá incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

### **650.7.4 Montaje y pintura de estructura metálica**

El precio unitario para el montaje y pintura de la estructura metálica deberá cubrir todos los costos por concepto de elaboración de diagramas de montaje, materiales y construcción de la obra falsa; equipos, mano de obra, andamios, instalaciones temporales y cables aéreos; así como los costos por concepto de ensamblaje y erección de la estructura en el sitio de la obra; los ajustes de defectos; el suministro y transporte de la pintura de campo, la preparación de las superficies metálicas, la aplicación de las manos especificadas; la señalización temporal de la vía y el ordenamiento del tránsito automotor durante la ejecución de los trabajos, y en general, todo costo necesario para el correcto montaje y pintura de campo de la estructura de acero. Además, deberá incluir la administración, los imprevistos y la utilidad del Constructor.

## **ÍTEM DE PAGO**

650.1	Diseño y fabricación de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.2	Fabricación de la estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.3	Transporte de estructura metálica	Kilogramo (kg)
650.4	Montaje y pintura de estructura metálica	Kilogramo (kg)