

SECCIÓN 33 71 16 - TORRES Y POSTES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

PARTE 1 - GENERALIDADES

1.1 PUBLICACIONES APLICABLES. Las publicaciones siguientes forman parte de esta especificación en la medida indicada por las referencias que de ellas se hacen. De aquí en adelante se hará referencia a ellas únicamente por designación básica:

1.1.1 Estándares de la American Society of Civil Engineers (ASCE) International:

7-10	Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
10-00	Design of Lattice Steel Transmission Structures
52-88	Guide for Design of Steel Transmission Towers

1.1.2 Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM) International:

A 6/A6M-10	Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
A 36/A 36M-08	Carbon Structural Steel
A 121-07	Zinc-coated (Galvanized) Steel Barbed Wire
A 123/A 123M-09	Zinc (Hot-dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products
A 153/A 153M-09	Zinc Coating (Hot-dip) on Iron and Steel Hardware
A 325-10	Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
A 325M-09	High-strength Bolts for Structural Steel Joints (Metric)
A 384/384M-07	Safeguarding Against Warpage and Distortion During Hot-dip Galvanizing of Steel Assemblies
A 385/A 385M-09	Providing High-quality Zinc Coatings (Hot Dip)
A 394-08	Steel Transmission Tower Bolts, Zinc-coated and Bare
A 563-07(A)	Carbon and Alloy Steel Nuts
A 563M-07	Carbon and Alloy Steel Nuts (Metric)
A 572/A572M-07	High-strength Low Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

	A 615/A 615M-09(B)	Deformed and Plain Billet-steel Bars for Concrete Reinforcement
	C 1089-06	Spun Cast Prestressed Concrete Poles
1.1.3	Estándar de la American Welding Society (AWS):	
	D1.1/D1.1M-10	Structural Welding Code - Steel
1.1.4	Estándares de la American National Standards Institute, Inc. (ANSI):	
	B1.1-03	Unified Inch Screw Threads (UN and UNR Thread Form)
	B18.2.1-10	Square and Hex Bolts and Screws Inch Series; Supplement B18.2.1
	B18.2.2-87(05)	Square and Hex Nuts (Inch Series)
	B46.1-09	Surface Texture (Surface Roughness, Waviness, and Lay)
	C2-07	National Electrical Safety Code (ANSI/IEEE)
1.1.5	Publicaciones del American Institute of Steel Construction (AISC):	
	325-05	Steel Construction Manual, Thirteenth Edition
	S 329-85	Allowable Stress Design Specification for Structural Joints Using ASTM A 325 or A 490 Bolts

1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS TORRES Y POSTES DE CONCRETO

1.2.1 Torres

1.2.1.1 **Alcance.** El Contratista suministrará torres completas, con las superestructuras (incluyendo el cuerpo y las extensiones de patas), las fundaciones, los perfiles de extremidad, las tensiones de perfiles de extremidad, pernos, tuercas, espaciadores y herrajes misceláneos.

1.2.1.2 **Características.** Las torres serán de estructuras que puedan sostenerse por si mismas (auto-sostenibles), de acero reticulado y de base cuadrada con configuración de doble circuito (double-circuit configuration). Tendrán, en un mismo plano vertical, las 3 fases de cada circuito y los alambres superiores de protección de cada circuito.

1.2.2 **Postes.** Serán reforzados o pretensados de concreto de fabricación centrífuga (spun). Tendrán el eje central hueco, y una superficie dura, lisa, sin poros, que resista los ácidos del suelo y los daños que pueda causar el agua.

1.3 INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO DE TORRES Y POSTES

1.3.1 Torres

1.3.1.1 **Alcance.** El Contratista diseñará, suministrará, fabricará y entregará todo el acero estructural y los accesorios necesarios, incluyendo las fundaciones, para la línea de transmisión de doble circuito de 44 kV. Basará el diseño de la torre en estas especificaciones y será de conformidad con las más modernas técnicas de diseño y fabricación. Diseñará y detallará las estructuras de modo tal que todas las partes estarán accesibles para limpieza, pintura e inspección.

1.3.1.2 **Extensiones.** Suministrará extensiones para el cuerpo y patas (si son requeridas) para los diferentes tipos de torres, de acuerdo con los planos del contrato.

1.3.1.3 **Cargas en las fundaciones.** Suministrará las cargas completas en las fundaciones para las combinaciones de cargas que, sin factores de sobrecarga, produzcan los esfuerzos máximos en las fundaciones. Incluirá en las cargas sobre las fundaciones, cualquier cortante horizontal que sería inducida en una fundación de pilotes verticales debido al componente horizontal de los esfuerzos en las patas principales de las torres.

1.3.1.4 **Verificación de limitaciones.** Verificará que las condiciones, limitaciones y datos para el diseño, en adición a lo indicado en los planos de licitación, están de acuerdo con el ANSI C2, Parte 2, "Safety Rules for the Installation and Maintenance of Overhead Electric Supply and Communication Lines".

1.3.1.5 **Levantamiento de una torre.** Establecerá un ángulo límite de inclinación e indicará en la estructura los puntos apropiados para fijar las eslingas que faciliten el levantamiento de una torre completamente armada en tierra hasta colocarla en su posición final sobre la fundación.

1.3.1.6 **Miembros largos en tensión.** Indicará todos los miembros en tensión más cortos de la longitud teórica requerida en ASCE 10, párrafo 7.1.8. Indicará en los planos la longitud acortada en el miembro.

1.3.1.7 **Configuración de las torres.** Estudiará, particularmente, la configuración de las torres a fin de brindar facilidad y seguridad en el montaje de las torres, instalación de los conductores y en el mantenimiento de la línea.

1.3.1.8 **Productos estándar:** Usará componentes estándar para fabricar las torres, tanto como sea posible, a fin de reducir, al mínimo, el inventario de repuestos y facilitar el mantenimiento y las operaciones de reemplazo. Será responsable de que todos los componentes idénticos tengan el mismo grado de precisión y de que sean intercambiables.

1.3.2 Postes de concreto

1.3.2.1 **Alcance.** Diseñará, suministrará, fabricará y entregará postes de concreto sólo para las áreas indicadas en estas especificaciones o en los planos.

1.3.2.2 **Aplicación y distribución de cargas.** Diseñará los postes de concreto para resistir las cargas especificadas en el ANSI C2 multiplicadas por los factores de capacidad de sobrecarga apropiados. Indicará en los planos del contrato los puntos de aplicación de las cargas y la distribución de las mismas.

1.4 MUESTRAS Y DOCUMENTOS REQUERIDOS

1.4.1 **Muestras.** Presentará, para información. Entregará muestras de los pernos, tuercas, arandelas, tamaños de espaciadores, y pernos para peldaños (step bolts).

1.4.2 **Lugares de pruebas.** Presentará, para aprobación. Indicará las fábricas competentes y en laboratorios certificados en donde realizará las pruebas indicadas en el subpárrafo 2.7.1.1.

1.4.3 **Reportes de pruebas.** Presentará, para aprobación. Entregará 5 copias de los informes de las pruebas de las torres indicadas en el subpárrafo 2.7.1.1, de acuerdo con el párrafo 8.14 del ASCE 10 y 10 copias del informe de las pruebas estructurales indicadas en el subpárrafo 2.7.2. Incluirá en este último reporte descripciones, herramientas, dibujos y fotografías que describan completamente las pruebas. Incluirá también fotos detalladas de todos los elementos que hayan fallado durante las pruebas.

1.4.3.1 **Requisitos de las pruebas.** Suministrará al Oficial de Contrataciones la siguiente información:

- (a) Lugar y fecha propuesta de la prueba
- (b) Método de prueba
- (c) Número, ubicación, dirección, tiempo de carga, secuencia e incrementos de las cargas y la cantidad, ubicación y dirección de las lecturas de deflexión.
- (d) Los métodos para amarrar las cargas de prueba a la estructura, para aplicar las cargas y para medir y registrar las deflexiones.

1.4.4 **Reportes certificados de otras pruebas.** Presentará, para aprobación. Entregará certificados del fabricante que compruebe que los materiales cumplen con las especificaciones

1.4.5 Planos de taller - Alcance

1.4.5.1 **Torres.** Presentará, para aprobación. Será responsable por la confección de todos los planos con la secuencia y construcción de la estructura. Incluirá un plan de montaje, tolerancias de nivelación de la base y tolerancias verticales. Indicará en los planos de taller las dimensiones requeridas para colocar en el campo los componentes de las fundaciones. Suministrará 5 copias de estos planos a la ACP al completar las inspecciones, en campo, para cada torre para establecer las longitudes de las patas de cada torre.

1.4.5.2 **Postes de concreto.** Presentará, para aprobación. Mostrará los cálculos de resistencia realizados por un ingeniero idóneo.

1.4.6 **Método de ensamblaje y montaje de las torres.** Presentará, para aprobación. Propondrá un método que garantice que, durante el montaje, ningún miembro estará sujeto a esfuerzos mayores para los cuales han sido diseñados; un método que evite el daño a cualquier miembro de las torres. Los métodos de montaje serán tales que eviten el daño a cualquier miembro de las torres. No se permite arrastrar al acero o amarrar cables sobre miembros de acero ya instalados.

1.4.7 **Ubicación para pernos para peldaño en las torres.** Presentará, para aprobación.

1.4.8 **Detalles de construcción de los mecanismos anti-escalamiento (anti-climbing devices).** Presentará, para aprobación.

1.4.9 **Marcado de los miembros de las torres.** Presentará, para información.

1.4.10 **Método de embalaje, embarque y marca (identificación).** Presentará, para aprobación.

1.5 EMBALAJE, TRANSPORTE, ENTREGA ALMACENAJE Y MANIPULACIÓN

1.5.1 Embalaje

1.5.1.1 **Elementos pequeños.** Separará, en cajas separadas o barriles, todos los pernos, tuercas y contratuercas, espaciadores y otros elementos misceláneos de acuerdo con el tamaño y la longitud.

1.5.1.2 **Cantidades extras.** Suministrará una cantidad un 5% mayor, a la cantidad presupuestada, de todos los pernos, tuercas, contratuercas, espaciadores y herrajes. Si la cantidad presupuestada resultara; sin embargo, en una fracción de unidad para determinado artículo, aumentará dicha fracción a una unidad completa del elemento en cuestión, ya sea perno, tuerca, contratuerca, espaciador o herraje. Incluirá este 5% adicional en el primer embarque del acero. Incluirá en los subsiguientes embarques solamente las cantidades requeridas.

1.5.1.3 **Elementos idénticos.** Agrupará todos los elementos idénticos para cada destino y los atará correctamente, y los cinchará y entibará para prevenir daños y distorsiones de los miembros durante el envío.

1.5.2 Transporte

1.5.2.1 **Programación de las entregas.** Será responsable de la programación de la entrega de las torres de acero, postes de concreto, fundaciones y de los accesorios en los lugares previamente coordinados. Entregará el acero estructural en dichos lugares en unidades que aseguren que el montaje pueda iniciarse tan pronto reciba el material y que esta operación pueda seguir en forma continua, según se requiera en la programación.

1.5.2.2 **Traslado en el sitio del trabajo.** La ACP no permitirá arrastrar el acero o amarrar cables sobre miembros de acero ya instalados.

1.5.3 Almacenaje

1.5.3.1 **Limpieza.** Mantendrá todo el acero limpio y libre de sustancias extrañas y bajo ninguna circunstancia lo colocará sobre lodo o suelos húmedos.

1.5.3.2 **Apoyos.** Almacenará los miembros de acero sobre listones para evitar que se pandeen y mantendrá el acero al menos 100 mm (4 pulgadas) sobre el suelo. Almacenará las cajas de pernos, tuercas, conectores similares y otros accesorios sobre listones y los cubrirá con plástico para protegerlos de la lluvia.

1.5.3.3 **Drenaje.** Almacenará los ángulos de acero, hasta donde sea posible, con sus caras exteriores hacia arriba y les proveerá una ligera pendiente para que el agua drene a lo largo del acero.

1.5.3.4 **Materiales defectuosos.** Reparará los materiales que se reciban defectuosos o dañados o los reemplazará sin costo adicional para la ACP.

1.5.4 **Manipulación.** No dejará caer los miembros de acero estructural de la torre, no los arrastrará en el suelo y no los dejará puestos sobre el suelo durante periodos largos.

PARTE 2 - PRODUCTOS

2.1 MATERIALES

2.1.1 **Acero estructural y espaciadores.** Será de calidad no menor al ASTM A 36 y A 572.

2.1.2 **Pernos y tuercas.** Será de calidad no menor al ASTM A 325, A 394 y ASTM A 563/ A 563M.

2.1.2.1 **Pernos conectores.** Serán conforme con el ASTM A 325 ó A 394 y no serán de diámetro menor a 16 mm ($\frac{5}{8}$ de pulgada). Tendrán cabezas y tuercas hexagonales con iguales dimensiones de modo que puedan usarse las mismas herramientas para los ajustes. Todas las tuercas serán ahuecadas con el fin de cubrir la parte no roscada del vástago del perno. Si se requieren separadores, serán conforme con el ASTM A 36.

2.1.2.2 **Pernos para peldaño (Step Bolts).** Serán conforme con ASTM A 394 y con los planos aprobados. No serán de diámetro menor de 16 mm ($\frac{5}{8}$ de pulgada), armados con 2 tuercas, pero sin arandelas o contratuercas. Serán de largo no menor de 127 mm (5 pulgadas), medidos desde la cara inferior de la cabeza del perno a la parte exterior del ángulo de la pata. Tendrán el largo total, y los agujeros para los mismos, de uno de los perfiles angulares principales de cada cuerpo de torre y extensión de cuerpo.

2.1.3 **Mecanismo anti-escalamiento (Anti-climbing Device).** Consistirá en barreras de alambre de púas, montadas en ménsulas de acero galvanizado. El alambre de púas será de 2.51 mm (calibre 12.5), con alambres redondos de 4 puntos de 2.03 mm (calibre 14), 127 mm (5 pulgadas) en el centro, con galvanizado de acuerdo con el ASTM A 121, Class 3.

2.1.4 **Concreto para postes de fabricación centrífuga.** Tendrá una resistencia a la compresión de, por lo menos, 34.5 MPa (5,000 psi) a los 28 días.

2.1.5 **Barras de refuerzo para postes de fabricación centrífuga.** Tendrán una resistencia, al fallar por tensión, de, por lo menos, 276 MPa (40,000 psi), de acuerdo con el ASTM A 615/A 615M.

2.1.6 **Alambre de acero para postes de fabricación centrífuga.** Tendrá una resistencia, al fallar por tensión, de, por lo menos, 827 MPa (120,000 psi).

2.1.7 **Material para reparar el galvanizado.** Será una pintura rica en zinc.

2.1.8 **Solvente para limpiar superficies galvanizadas.** Será xylol.

2.1.9 **Capa base para retocar superficies galvanizadas.** Será un primario rico en zinc de un componente, 95% sólido por volumen a base de epóxico esterificado.

2.1.10 **Compuesto de galvanizado en frío.** Cumplirá con a las Military Specifications DOD-P-21035, y podrá ser Galviline Cold Galvanizing Compound, fabricado por ZRC Products, 21 Newport Avenue, Quincy, MA 02170-9975, teléfono: 617-328-6700, Fax: 617-328-5304.

2.2 FABRICACIÓN DEL ACERO ESTRUCTURAL

2.2.1 **Normas de fabricación.** El Contratista cumplirá con los requisitos aplicables del AISC M 016. Hará que las juntas de compresión tengan una rugosidad de superficie acorde con el ANSI B46.1 y que los bordes sean cuadrados con tolerancias para terminaciones estriadas de acuerdo con el ASTM A 6.

2.2.2 **Lugar de fabricación y ensamblaje.** Fabricará y ensamblará el acero estructural en la fábrica del proveedor del acero.

2.2.3 **Verificación inicial.** Verificará que los perfiles estructurales estén rectos y sin ningún daño antes de ser proyectados o trabajados en forma alguna.

2.2.4 **Defectos de fabricación.** Podrá enderezará las piezas, si el Oficial de Contrataciones lo autoriza, por métodos que no causen daño alguno al material. La ACP no permitirá la fabricación de perfiles estructurales por el método de doblez en frío y, también, rechazará los pliegues agudos o dobleces, mientras el trabajo se esté realizando o después de efectuado. La ACP no permitirá que haga agujeros aplicando llama.

2.2.5 **Perforaciones.** El Contratista perforará todos los agujeros en el acero estructural a la dimensión total, a menos que se permita de otra forma. Podrá punzar y luego escariar los agujeros que necesiten ser perforados. Perforará el agujero del material sólido si el espesor del material es mayor que el diámetro del agujero. Perforará los agujeros nítidamente sin dejar bordes rasgados o desiguales. Removerá todas las rebabas resultantes del escariado o de la perforación con una herramienta que proporcione un bisel de 1.5 mm (1/16 de pulgada). Hará todos los agujeros cilíndricos y perpendiculares a la superficie de la pieza. Perforará los agujeros cercanos a los puntos de doblez luego de hecho el doblez donde sea necesario, a fin de evitar deformaciones en los agujeros. Verificará que el diámetro para los agujeros de pernos no exceda 5 mm al diámetro nominal del perno. Hará las punciones para el escariado posterior de tal manera que, después del escariado, no aparezca ninguna parte de la superficie puncionada en la periferia del agujero. No permitirá el relleno con soldadura de los agujeros mal puncionados o mal taladrados, a menos que sea aprobado. Espaciará con precisión todos los agujeros de acuerdo con los planos aprobados para construcción y los ubicará sobre la línea de centro de los pernos. La ACP permitirá una máxima variación de 1 milímetro en el espaciamiento de los agujeros, con respecto al espaciamiento indicado en los planos aprobados para construcción, pero no permitirá el ensanchamiento o escariado para agrandar agujeros desalineados. Rechazará el trabajo por la inexactitud en la coincidencia de los agujeros.

2.2.6 **Recortes con cizalla.** Hará, con cuidado, los cortes con cizalla y todas las partes del trabajo se terminarán nítidamente. No cortará con soplete, a menos que sea aprobado.

2.2.7 **Resultado final.** Dará al acero forma y tamaño, con líneas rectas y ángulos y curvas precisas. Hará que las juntas de compresión tengan una rugosidad de superficie no mayor de 500 micro pulgadas y que los bordes sean cuadrados con tolerancias para terminaciones estriadas. Hará el trabajo de tal manera que permita la expansión y contracción de los materiales. Redondeará los perfiles que componen los mismos antes de efectuarse cortes entrantes o rebajes.

2.2.8 **Hilo de guarda.** Proveerá un agujero de 14.5 mm (9/16 de pulgada) de diámetro en la parte superior de todas las torres para la conexión a tierra del hilo de guarda, su posición final sujeta a aprobación.

2.2.9 **Conexiones en el campo o en el taller.** Apernará todas las conexiones de acero estructural hechas en el campo o en el taller. La ACP no permitirán conexiones soldadas ni remachadas. El Contratista tendrá cuidado especial de que no queden bolsas o depresiones en las cuales se puede almacenar agua. No permitirá miembros cara a cara.

2.2.10 **Espaciamiento mínimo de los pernos y distancias mínimas de borde.**

2.3 **MARCADO DE LOS MIEMBROS DE LAS TORRES**

2.3.1 **Cobertura.** Marcará todos los miembros de las torres antes de galvanizar. Hará marcación con números y/o letras acordes con las piezas marcadas en los planos de montaje.

2.3.2 **Marcador.** Marcará cada pieza de acero estructural con un marcador de acero que produzca una marca de por lo menos 19.2 mm (¾ de pulgada) de tamaño y de suficiente profundidad para que sea legible después del galvanizado.

2.3.3 **Ubicación de las marcas.** Colocará la marca preferiblemente cerca de un extremo, en la misma posición relativa de cada miembro, de manera que sea vista fácilmente después del montaje. Marcará de modo que no reduzca la sección neta efectiva de la pieza.

2.4 **LIMPIEZA Y GALVANIZADO**

2.4.1 **Limpieza.** Una vez que los miembros de las torres estén fabricados, inspeccionados y aceptados en fábrica, limpiará el óxido, incrustaciones, sucio, aceite, grasas y otras materias extrañas.

2.4.2 **Galvanizado**

2.4.2.1 **Norma.** Luego de esta limpieza, galvanizará en caliente todos los miembros de acero de acuerdo con el ASTM A 123, exceptuando los pernos y tuercas de la torre. Galvanizará en caliente los pernos, tuercas, contratueras y arandela para las conexiones de los miembros de la torre de acuerdo con la ASTM A 153, Class C. Todos los pernos y tuercas estarán galvanizados de acuerdo con ASTM A 153. Las contratueras estarán galvanizadas en caliente.

2.4.2.2 **Miembros de mayor longitud.** Cuando los miembros sean de tal longitud que no puedan sumergirse en una operación, tomará las precauciones necesarias para prevenir alabeos o dobladuras que puedan causar el rechazo del material.

2.4.2.3 **Perfiles de extremidad.** Galvanizará los perfiles extremidad en una longitud de 300 mm por debajo de la línea de hormigón. No necesitará galvanizar las extensiones de perfiles de extremidad.

2.4.2.4 **Enderezamiento.** Luego de galvanizado, todo el material lo enderezará mediante laminado o prensado, a donde sea requerido, para eliminar las combas causadas por el proceso de galvanizado. No enderezará el material a golpe de martillo ni de ninguna otra manera que dañe el revestimiento de galvanizado. Si la ACP considera que el material ha sido dañado, doblado o alabeado durante el proceso de fabricación o galvanizado, podrá rechazar el material por tales defectos.

2.4.2.5 Protección contra fragilización. El Contratista protegerá todos los miembros galvanizados contra la fragilización (“embrittlement”) y la formación de acuerdo con el ASTM A 384.

2.4.2.6 Tubos estructurales. Galvanizará tanto el interior como en el exterior de tubos estructurales y les suministrará agujeros de drenaje en la parte inferior.

2.5 ADITAMENTOS DE FIJACIÓN PARA CONDUCTOR E HILO DE GUARDA Proveerá aditamentos para la fijación de los herrajes de extremo de soporte del conductor y del hilo de guarda. El espesor mínimo del material para dichos aditamentos de fijación será de 16 mm ($\frac{5}{8}$ de pulgada). Las ménsulas giratorias, donde se requieran, serán flexibles en la dirección de la línea y rígidas en la dirección transversal a la línea.

2.6 SEÑALES. Proveerá agujeros en los miembros de acero de las torres para el montaje de todos los carteles, dispositivos, anti-escalamiento y artefactos de luz, según se requieran.

2.7 ENSAMBLAJE EN FÁBRICA Y PRUEBAS A LAS TORRES

2.7.1 Materiales

2.7.1.1 Pruebas. Someterá todo el material que suministre, de acuerdo con esta especificación, a todas las pruebas normales en fábrica y, además, a todas las pruebas exigidas en estas especificaciones técnicas. Ejecutará, por ejemplo, al menos, las siguientes pruebas:

- (a). Análisis químico y pruebas mecánicas de la materia prima,
- (b). Inspección visual y dimensional,
- (c). Pruebas del galvanizado (uniformidad, peso y adherencia),
- (d). Pruebas mecánicas (tracción, dureza y cortes con cizalla),
- (e). Pruebas de carga de cada tipo de torre en escala natural.

2.7.1.2 Muestreo. La ACP hará el muestreo del material. Los criterios de aceptación y rechazo serán conforme lo indicado en las normas o estándares aplicables.

2.7.1.3 Lugares de pruebas. El Contratista hará todas las inspecciones y pruebas en fábricas competentes y en laboratorios certificados y aprobados por el Oficial de Contrataciones.

2.7.2 Estructura

2.7.2.1 Pruebas solicitadas por la ACP. Cuando así lo requiera la ACP, el Contratista realizará pruebas con plena carga, a costo de la ACP, para cada tipo de estructura de torre. Representantes de la ACP presenciarán las pruebas. El Contratista notificará la fecha de las pruebas con 30 días de antelación.

(a). **Carga aplicada.** En las pruebas con plena carga indicadas en el subpárrafo anterior, considerará las combinaciones de carga que se definen en los planos de licitación, aplicadas sobre la torre de mayor altura. Simulará, en la verificación indicada en el siguiente subpárrafo, todas las combinaciones de cargas definidas en estas especificaciones, con sus respectivos factores de sobrecarga. Hará pruebas no destructivas en la simulación.

(b). **Verificación.** Verificará que el sistema de aplicación de las cargas sea capaz de simular las combinaciones de cargas de la manera más real posible. Para las cargas correspondientes a conductores e hilos de guarda, verificará que los puntos de aplicación sean exactamente los puntos correspondientes en la torre. Escogerá apropiadamente los puntos de aplicación de las cargas de viento sobre las torres y los someterá a la aprobación del Oficial de Contrataciones. Después de la prueba para cada torre, inspeccionará cada componente de cada torre para verificar fallas, defectos, deflexiones permanentes y daños en las conexiones con pernos.

2.7.2.2 Aplicación de las cargas. Aplicará las cargas de cada combinación de cargas en 3 etapas sucesivas correspondientes a los porcentajes de 75%, 90% y 100%, manteniéndolas en cada caso durante un lapso no inferior a 5 minutos, conforme con el ASCE 10. Efectuará mediciones de deflexión en la torre para cada valor de carga.

2.7.2.3 Torres cuya prueba a escala completa no fuera solicitada por la ACP. Para aquellos tipos de torres cuya prueba a escala completa no fuera solicitada por la ACP, armará cada una de las torres, completamente, usando los elementos de torre adecuados escogidos al azar de la línea de producción. El Oficial de Contrataciones presenciara todo el montaje de la torre y de las secciones de las torres comparándolos con los reportes certificados entregados por el Contratista.

(a). **Resolución de fallas.** Si se produjeran fallas o deformaciones permanentes inadmisibles antes o durante la aplicación del 100% de las cargas, el Contratista modificará el diseño de la torre. Para el nuevo diseño, repetirá todas las pruebas realizadas antes de la falla, salvo que el Oficial de Contrataciones considere que todas estas, o algunas, no sea necesario repetirlas. Hará estas nuevas pruebas sin costo adicional para la ACP.

(b). **Pruebas a escala real.** Hará las pruebas a las estructuras a escala real y completamente ensambladas. Probará la estructura en fundaciones que se mantengan rígidas mientras soportan a la estructura durante las pruebas.

2.8 INSPECCIÓN EN FÁBRICA POR PARTE DE LA ACP. La ACP se reserva el derecho de hacer inspecciones durante las horas normales de trabajo, en las plantas de fabricación de las torres, así como en las instalaciones, a fin de inspeccionar y revisar la cantidad y el progreso de la producción del material requerido en esta especificación.

2.9 FABRICACIÓN DE LOS POSTES DE CONCRETO. Los postes se fabricarán por fabricación centrífuga usando el proceso mediante el cual el concreto es apisonado por acción centrífuga y bombeado dentro de un molde de metal, redondo, ahusado y pulido. Después de completar el proceso centrífugo a alta velocidad, los postes se curarán mediante el proceso de vapor húmedo adecuado. Los postes de fabricación centrífuga tendrán una absorción de agua no mayor que 3%, para así eliminar rajaduras y prevenir la erosión.

PARTE 3 – EJECUCIÓN

3.1 CONSTRUCCIÓN DE LAS TORRES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

3.1.1 Precauciones. Tendrá todo el cuidado posible para evitar doblar o de otro modo dañar los miembros de acero. No arrastrará los miembros ni los dejará caer al suelo. Suministrará las eslingas para

levantar el acero de un material acolchonado o las protegerá de modo que no se dañe el galvanizado, el corte de las esquinas de los miembros de acero o de otro modo se dañen los miembros.

3.1.1.1 Curado del concreto. No iniciará los trabajos de montaje de las torres sobre las fundaciones de concreto hasta que el concreto haya cumplido su periodo de curado, según se especifica en la sección 03 30 00.

3.1.1.2 Alcance de pernos instalados. No erigirá secciones parciales de torre hasta que al menos el 75% de los pernos requeridos se hayan instalado.

3.1.2 Pre-esforzado. Colocará en posición cualquier miembro que será pre-esforzado mediante pasadores de acero de sección variable (tapered steel pins), aprobados por la ACP. Fabricará los miembros en tensión 1 mm por cada metro más cortos de lo teóricamente requerido, a menos que se especifique de otro modo en ASCE 10.

3.1.3 Erección. Erigirá la estructura de acero de modo que se mantengan todas las líneas a plomo y a nivel.

3.1.4 Tolerancias. Instalará el montaje de la base, fundaciones y extensión de las patas dentro de las tolerancias aprobadas por el Oficial de Contrataciones. La ACP verificará que la base de la torre esté dentro de las tolerancias especificadas después de finalizado el relleno sobre las bases. Verificará que la desviación máxima del eje vertical con respecto al centro de gravedad sea de 10 mm por cada 5 metros (1 pulgada por cada 40 pies) de altura.

3.1.5 Hallazgo de errores. De encontrarse agujeros ciegos o parcialmente ciegos en los miembros de acero, notificará al Oficial de Contrataciones y procederá a re-taladrar o efectuará otras correcciones conforme con lo que se le indique.

3.1.6 Abertura de huecos. Podrá punzar los agujeros cuando el espesor de los miembros sea menor que el diámetro del agujero siempre y cuando el método y equipo para punzar sea aprobado por la ACP.

3.1.7 Verificación. Verificará que todos los miembros tengan las juntas limpias cuando coloque los pernos.

3.1.8 Instalación de pernos

3.1.8.1 Dirección de ingreso. Instalará los pernos con las cabezas apuntando hacia el centro de la torre o apuntando hacia abajo, a menos que se indique de otro modo.

3.1.8.2 Compresión. Apretará firmemente todos los pernos pero no hasta el punto de afectar de modo negativo su resistencia.

3.1.8.3 Tuercas. Instalará todas las tuercas con la torsión sugerida y aprobada. Indicará en los planos la torsión sugerida. La ACP no permitirá el uso de llaves que puedan deformar las tuercas.

3.1.8.4 Verificación. Se asegurará de que todos los pernos y todos miembros de la torre se instalen durante las operaciones de montaje. Asignará una segunda cuadrilla que inspeccionará cada torre para asegurar que se han instalado pernos de los tamaños y largos adecuados y que a cada perno se le ha

aplicado la torsión correcta. Reemplazará por pernos adecuados cualquier perno instalado de tamaño o largo no adecuado.

3.1.8.5 **Contratuercas.** Instalará las contratuercas después de que las operaciones de ensamblaje y montaje estén completas.

3.1.9 **Accesorios.** No colocará los aisladores, poleas, etc., en la torre hasta que esta haya sido completamente erigida, los pernos estén asegurados, las contratuercas instaladas y las torres inspeccionadas y aprobadas por la ACP.

3.1.10 **Aplicación de carga.** No impondrá cargas de los conductores o de conductores a tierra a las torres hasta que todos los pernos se hayan apretado y revisado, según lo especificado.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE POSTES

3.2.1 **Precaución.** No instalará los postes antes de los 15 días después de su fabricación.

3.2.2 **Accesorios.** Suministrará e instalará accesorios y grapas que estén de acuerdo con el diseño de los postes de concreto.

3.2.3 **Instalación.** Instalará los postes de concreto de acuerdo con los cálculos para resistencia realizados por un ingeniero idóneo y para los cuales los planos de taller y los cálculos han sido aprobados.

3.3 CONEXIONES

3.3.1 **Conexiones apernadas.** A menos que se especifique o indique de otro modo, hará todas las conexiones apernadas. Igualmente, conectará todos los elementos de armadura de doble perfil bajo tensión con, por lo menos, con 2 pernos. Podrá conectar los elementos secundarios con un perno, el cual estará ubicado en la parte interior de la línea de centro de pernos (inner gage line). Donde sea posible, superpondrá los empalmes. Espaciará los pernos a lo largo de los ejes de pernos en las caras alternadas de los ángulos, aproximadamente a 400 mm centro a centro. Usará pernos de igual diámetro y de una misma longitud, en la medida de lo posible, para conectar diferentes partes de la misma torre. Suministrará las respectivas arandelas planas y de presión. Suministrará tuercas/contratuercas (palnuts) para asegurar las tuercas en todos los pernos.

3.3.2 **Conexiones soldadas.** No permitirá el uso de soldadura, sin la aprobación escrita, en la fabricación de las torres.

3.3.3 **Empalmes.** Verificará que los empalmes desarrollan el máximo esfuerzo en los miembros, sin tomar en cuenta los topes empotrados de los miembros. Achaflanará, donde usa empalmes sobrepuestos, el lomo del perfil angular interior para calzar en el ángulo interior del perfil angular exterior. Ubicará los empalmes de patas cerca y sobre la conexión de apoyo, pero fuera del apoyo. Mantendrá la cantidad de empalmes al mínimo.

3.3.4 **Excentricidad.** Reducirá la excentricidad en las conexiones a una cantidad práctica, mínima. Reducirá a un mínimo (y evitará hasta donde sea posible) las cargas excéntricas en los brazos.

3.3.5 **Ménsulas.** En donde las ménsulas ocasionen flexiones cerca de los finales de los brazos, reforzará éstos con perfiles angulares adicionales. Verificará que todos los miembros de alma serán de

una pieza, siempre que sea práctico. Conectará todos los miembros bajo tensión de armazón de doble diagonal en su punto de intersección con al menos un perno. Reforzará, apropiadamente, los miembros del sistema de alma de doble diagonal, sujetos a esfuerzos, donde el ala no conectada esté cortada.

3.3.6 Espaciado mínimo de pernos (centro a centro de pernos). Será como se especifica en ASCE 10 para pernos con diámetros de 16 mm y 19 mm ($\frac{3}{4}$ de pulgada).

3.3.7 Distancia de borde mínima (medida del centro del agujero). Será como se especifica en ASCE 10. El Contratista suministrará los valores de la siguiente tabla para aprobación:

Diámetro de perno	Borde Laminado	Borde cortado con cizalla	Borde cortado con soplete	Distancia al extreme
16 mm ($\frac{5}{8}$ de pulgada)				
19 mm ($\frac{3}{4}$ de pulgada)				

No reducirá las distancias especificadas arriba por falta de material, debido a las tolerancias del laminado.

3.3.8 Secciones angulares. No colocará ningún miembro de sección angular con las dos alas acercadas una a la otra mediante el cierre del perfil angular. No recortará la parte sobresaliente de las alas de los ángulos a menos que cuente con aprobación. Cortará a 45 grados los extremos de las alas no conectadas de todos los miembros de sección angular que formen almas de conexión, siempre que sea posible. La ACP no permitirá el uso de varillas en lugar de perfiles angulares.

3.3.9 Miembros de doble ángulo. Evitará el uso de miembros de doble ángulo, para mantener buena protección contra la corrosión. De justificarse el uso de miembros de doble ángulo y previa aprobación del Oficial de Contrataciones, verificará que éstos cumplan con los siguientes requisitos:

3.3.9.1 Conectará entre sí todos los elementos de armadura de doble ángulo en puntos intermedios entre conexiones de extremo, mediante pernos de unión, y los separará los entre sí por medio de arandelas o espaciadores.

3.3.9.2 Conectará con 2 pernos de unión y una pletina de relleno en cada punto (un perno sobre cada línea de centro de pernos) los perfiles de doble ángulo más largos con 2 líneas de centros de pernos.

3.3.10 Reparación de galvanizado. Retocará la superficie de galvanizado deteriorada con la pintura especificada para reparar galvanizado. Pintará, después de la instalación, las cabezas expuestas de los tornillos, roscas, tuercas y cualquiera otra ferretería. El sistema de retoque o pintura de las superficies consistirá de la limpieza con el solvente especificado para limpiar superficies galvanizadas, seguida de 2 capas de primario especificado para retocar galvanizado, aplicado a un espesor de película seca de 37 micrones (1.5 mils) por capa.

3.3.11 Colocación de pernos para peldaños. Colocará los pernos para peldaño a lo largo de la parte superior de una extensión de la pata a partir de los 3 metros del suelo. Espaciará los agujeros para los pernos para peldaño de tal forma que cualquier combinación del cuerpo de la torre, extensión de cuerpo y extensión de pata resulten en una escalera completa con pernos para peldaño espaciados a 400 mm.

3.3.12 **Mecanismo anti-escalamiento (Anti-climbing Device).** Diseñará, suministrará e instalará, previa aprobación. Suministrará un método apropiado para adherir el mecanismo anti-escalamiento al acero de la torre.

3.4 CONTROL DE CALIDAD EN EL CAMPO

3.4.1 **Postes de concreto.** No instalará los postes antes de los 15 días después de su fabricación

3.4.2 **Inspección por parte del Contratista.** Desarrollará procedimientos de inspección conforme con AISC S329, Section 9. Confirmará y reportará al Oficial de Contrataciones que los materiales cumplen con las especificaciones del proyecto y que están almacenados adecuadamente.

3.4.2.1 **Superficies por empalmar.** Confirmará que las superficies por empalmar han sido adecuadamente preparadas antes de hacer las conexiones.

3.4.2.2 **Lubricación.** Limpiará los pernos, tuercas y arandelas de sucio y óxido y los lubricará antes de la instalación.

3.4.2.3 **Apretamiento.** No apretará con llaves de impacto los pernos anclados en concreto.

3.4.2.4 **Tensión.** Confirmará y reportará que el procedimiento utilizado para instalar los pernos, tuercas y arandelas provee la tensión requerida.

3.4.3 **Pruebas por parte de la ACP.** La ACP tiene el derecho de hacer inspecciones, sin costo alguno para el Contratista, con el fin de asegurar que el material cumple con los requisitos de las especificaciones. Si las inspecciones indican que los materiales no cumplen con las especificaciones, el Contratista pagará el costo de las pruebas.

3.5 INSTALACIÓN DE LOS POSTES DE CONCRETO

3.5.1 **Futura líneas de comunicación.** El Contratista incluirá los accesorios en la instalación de los postes para la instalación futura de líneas de comunicación. Suministrará e instalará accesorios y grapas que estén de acuerdo con el diseño de los postes de concreto.

3.5.2 **Correspondencia con planos de taller aprobados.** Instalará los postes de concreto de acuerdo con los cálculos para resistencia realizados por un ingeniero idóneo y para los cuales los planos de taller y los cálculos hayan sido sometidos y aprobados.

3.5.3 **Fundaciones.** Montará los postes en fundaciones vaciadas en sitio, de acuerdo con los planos de taller aprobados. Suministrará e instalará conductos de tipo codo hacia el interior de los postes para formar entradas para cables. Cumplirá el 100% con lo aprobado en los planos en lo referente a las dimensiones y la fabricación para las fundaciones de concreto.

3.5.4 **Alineación de los postes.** Instalará los postes alineados y a plomo a excepción de los ubicados en esquina, ángulos u otros puntos de desequilibrio de esfuerzo, donde sean inclinados contra las tensiones, de manera que los conductores queden inclinados.

FIN DE LA SECCIÓN