



# **LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS, EL ARQUITECTO Y LA SUPERVISIÓN**

ARQ. CÉSAR JORGE CARPIO UTRILLA



## **LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS, EL ARQUITECTO Y LA SUPERVISIÓN**

El acelerado crecimiento de la población contemporánea conlleva la necesidad de generar espacios suficientes para cubrir los requerimientos de esta nueva población, espacios que deberán construirse en forma rápida, eficiente y económica para que puedan estar al alcance de sus bolsillos. Durante mucho tiempo, las estructuras metálicas no cumplían con el requisito de economía, y no eran muy utilizadas. Nuevas tecnologías y el uso de estructuras y materiales cada vez más ligeros, han puesto en primer plano el uso de las estructuras metálicas, por lo que el número de edificios que la utilizan va rápidamente en aumento, pero ahora los arquitectos nos encontramos en desventaja, ya que no contamos con la suficiente información para manejarla y debemos seguir recurriendo a los ingenieros y especialistas en la materia para poder utilizarla; es urgente que los arquitectos se documenten apropiadamente en estos menesteres para que las obras que realicen cuenten con el control de calidad que este tipo de obras demandan.

Por estas y otras consideraciones, el presente artículo pretende motivar a los arquitectos, para que de acuerdo a las necesidades actuales de la construcción, se preocupen por estar a la altura de las circunstancias, actividad que a su vez redundará en la consecución de mejores proyectos y una supervisión y control de calidad a tono con la época que vivimos.

### **LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS**

El arquitecto, al iniciar la planeación de un edificio, sabe que el éxito en esta empresa dependerá de forma importante, de la buena elección del sistema estructural que pretenda aplicarse. También sabe que son muchos los factores que hay que tomar en cuenta para llegar a una elección satisfactoria; por lo que para poder normar un criterio factible, fundamentalmente deberá proceder a realizar un análisis comparativo entre un sistema constructivo y otro, básicamente, entre una estructura de acero y una de concreto. Dicho análisis deberá tomar en cuenta lo siguiente:

#### **I. Ventajas de las estructuras de acero por orden de importancia:**

- 1.- Peso propio.
- 2.- Velocidad de construcción.
- 3.- Menor altura en los entresijos.
- 4.- Valor de rescate.
- 5.- Calidad y control con relación a los materiales.
- 6.- Modificaciones.

## II. Ventajas de las estructuras de concreto por orden de importancia:

- 1.- Conservación y duración.
- 2.- Estructura monolítica.
- 3.- Resistencia a las sobrecargas, vibración e impacto.
- 4.- Dimensiones de las secciones, transporte y manejabilidad.
- 5.- Moldeabilidad
- 6.- Costo inicial y mano de obra
- 7.- Topografía
- 8.- Resistencia al calor
- 9.- Mediciones y trazos.
- 10.- Separación de colindancias y juntas de dilatación.

## ANÁLISIS

### I. ESTRUCTURAS DE ACERO.

- 1 Peso propio.** La estructura metálica por su masa, es más ligera que la correspondiente en concreto. El peso propio es un punto muy importante en el cálculo de una estructura, ya que influye irremediablemente en la resistencia de la misma y en los requerimientos de cimentación; por lo que no se duda que será mas económica la estructura más ligera. Por otra parte, la estructura de concreto es notoriamente más voluminosa que la metálica, ya que el proyectista necesita recurrir a veces a formas predeterminadas, cuyas secciones deberán quedar dentro de ciertos límites prescritos. Por ello puede concluirse, que el peso de una estructura de concreto es un factor que incide en contra de ella.
- 2 Velocidad de construcción.** La amortización del capital invertido, es dependiente de la velocidad de construcción. A mayor velocidad de construcción, corresponde a la vez, una mayor rapidez de recuperación de capital. En algunas obras, ocurre que todo el capital está disponible desde un principio y, por lo tanto, la amortización se dará sobre el costo total, y en este caso, el ahorro de tiempo puede decidir a favor de una estructura de acero. Por regla general, puede decirse que para edificios de más de cuatro niveles, la velocidad de construcción para una estructura de acero, es mayor que su correspondiente en concreto. Definitivamente la velocidad de construcción es un factor favorable a las estructura de acero.
- 3 Menor altura de entrepisos.** Además de un ahorro económico resulta en un ahorro de espacio, arquitectónicamente hablando. Para el concreto  $f'c = 210 \text{ K/cm}^2$ , se obtienen secciones de peralte relativo más alto que las de acero. Esto hace que los pisos sean más altos, de piso a piso terminado por cada uno, lo que significa: aumento en muros, columnas, armados, etcétera. En las estructuras de concreto para disminuir las alturas de los entrepisos, puede contarse con el capitel plano "flat slab", pero con un costo adicional que no compensa el costo que resulta de aumentar la altura de los entrepisos. Este es un factor de desventaja de las estructuras de concreto.
- 4 Valor de rescate.** Las estructuras de acero tienen esta ventaja: poder ser desmontadas conservando sus perfiles originales que pueden volver a utilizarse. Si se emplea además tornillos en sus conexiones, el desmontaje se hace con relativa facilidad y rapidez.

En cambio, si analizamos las estructuras de concreto, éstas no tienen valor de rescate, demolerlas es destruirlas; si acaso se rescata el armado de refuerzo, al ser enderezado pierde parte de su resistencia. Esta desventaja puede tener

consecuencias de importancia, sobre todo en el caso actual en el que se está realizando la regeneración del centro de ciudades importantes como lo es el Distrito Federal. Por lo que el valor de rescate de una estructura de acero se puede considerar como parte de recuperación del capital invertido al adquirir la estructura.

- 5 **Calidad y control de los materiales.** En este caso, se puede considerar al acero estructural como uno de los materiales más confiables. Esto se da por varios motivos, por la naturaleza misma del material y el control estricto de fabricación y el material empleado, sobre todo en algunas casas fundidoras responsables. No puede decirse lo mismo del concreto, que en repetidas ocasiones se fabrica en obra; la calidad y bondad del concreto se ven afectados por muchos factores entre ellos: baja relación agua-cemento, mala granulometría de los agregados (grava de río), mala molienda de los cementantes, escasa o sobrada plasticidad, vibrado insuficiente, mezcla manejable incorrecta, curado insuficiente, resistencia inapropiada a reacciones químicas adversas, falta de homogeneidad, etcétera. Por lo visto, el concreto está expuesto a muchos factores que hacen variar los requerimientos establecidos en el diseño.
- 6 **Modificaciones.** Los cambios de piezas son más fáciles y menos costosos en las estructuras de acero. Una diferencia hacia arriba de las cargas supuestas en los cálculos, en estructuras remachadas o de tornillos admite poner una pieza en lugar de otra. En las estructuras de concreto, este cambio significaría la destrucción de la pieza antigua y además, se perdería la rigidez de la estructura.

## II. ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

- 1 **Conservación y duración.** La estructura de concreto no requiere protección contra los agentes atmosféricos, por lo que sus requerimientos de conservación son mínimos. En cambio, las estructuras de acero requieren pintura anticorrosiva periódicamente, especialmente en las uniones, cuando no tienen ningún otro medio de protección; también se da el caso cuando la estructura metálica está en contacto con las de mampostería. La estructura de concreto reforzado podrá ir aumentando su resistencia en el concreto con el paso del tiempo. Al comparar las condiciones en que se encuentran dos estructuras a cabo de cinco años, una de acero y otra de concreto, la primera sin ninguna protección ya requiere otra capa de pintura, en cambio la de concreto no requiere nada.
- 2 **Monolitismo.** La estructura de concreto tiene continuidad en esencia, sus uniones son rígidas, y prácticamente toda ella es una sola pieza. La estructura de acero puede ser de dos tipos: con uniones remachadas, en las que se desconoce su grado de continuidad; o con uniones soldadas, caso en el cual, puede considerarse continua, pero, para lograrlo, es necesario utilizar operarios altamente calificados, y solo así, se garantizará la continuidad, lo que significa economía y el uso de piezas más pequeñas.
- 3 **Resistencia a las sobrecargas, vibraciones e impacto.** Las vibraciones cristalizan al acero al cabo de cierto tiempo; el efecto es más rápido mientras mayores sean las vibraciones. El resultado es una disminución en la resistencia del material de la estructura; en cambio, el acero de refuerzo del concreto se encuentra ahogado en una gran masa de él, eso absorbe gran parte de la energía de la vibración. La resistencia del concreto al impacto es muy pequeña, un golpe fuerte hace pedazos a un trozo de concreto; el acero al recibir dicho golpe, se flexionará o se abollará ligeramente. Por lo que podemos decir que, por lo general, la estructura de concreto, debido a su gran masa relativa y a su monolitismo, es más resistente a vibraciones, impactos y explosiones.
- 4 **Dimensiones de las secciones, transporte y manejabilidad.** En el mercado existen, relativamente, pocos perfiles laminados, por lo que a veces se tendrá que poner un perfil excedido en relación con el calculado, porque el necesario no lo hay en el mercado. Esto no sucede con las secciones de concreto, ya que

estas se fabrican conforme a las necesidades de cada miembro. El transporte de perfiles pesados es difícil y costoso, a grandes distancias se requieren vías fáciles de comunicación; en cambio, tratándose del concreto, sus componentes, grava y arena se encuentran cercanas al lugar de la obra, también el transporte del cemento y la varilla es más fácil que en el caso de la estructura de acero.

- 5 **Moldeabilidad.** El concreto es fácilmente moldeable y se pueden hacer las secciones de las formas más adecuadas. En las estructuras de acero, hay casos, por ejemplo, como el de columnas, en las que a veces se desperdicia material al conservar una misma sección de columna a través de varios pisos, lo que aumenta el costo, sin embargo el cambiar perfiles por cada piso hubiera significado mayores trastornos en el montaje.
- 6 **Costo inicial y mano de obra.** Por lo general, el costo inicial de una estructura de acero es mayor que la de concreto, ya que antes de montar la primera, se ha pagado mucho trabajo de taller; y en lo que se refiere a la mano de obra, los operarios en una estructura de acero son especializados, en cambio los trabajadores en una estructura de concreto sólo requieren uno o pocos encargados especializados, y los demás son albañiles y peones, con herramientas sencillas y baratas.
- 7 **Topografía.** Este apartado se refiere a la precisión con la que hay que localizar columnas, trabes, etc., lo cual no tiene importancia en las estructuras de concreto, en las que generalmente la localización se realiza con cinta; no así en las estructuras de acero, en las que cualquier falla origina grandes dificultades al colocar las piezas, e inclusive, es necesario realizar nuevos taladros, cambiar placas o toda la trabe o columna, lo que significa mayor costo del edificio. En el concreto, cualquier error se corrige con mayor facilidad.
- 8 **Resistencia al calor.** La resistencia del acero disminuye con los aumentos de temperatura. El Instituto Americano de Construcciones en Acero da los siguientes datos:

“El esfuerzo de tensión o compresión que resiste el acero a temperaturas normales, aumenta 1.25 veces para temperaturas de 290°C. Si la temperatura se eleva a 425°C, llega a su resistencia normal. Por lo que si la temperatura no sube más allá de ésta, la estructura no necesita protección. Los edificios que alojan materiales altamente combustibles, deben proteger su estructura con concreto”.

La información arriba citada, tiene como objeto normar el criterio de las personas que se dediquen a la supervisión de estructuras metálicas, a través del reconocimiento de la importancia y responsabilidad que adquiere al realizar este tipo de trabajo. Es de vital importancia que el supervisor domine el diseño de la estructura para comprender cada una de las fases de la supervisión. Con el fin de facilitar aún más el trabajo del supervisor, se describe en orden lógico como realizar la supervisión de una edificación con estructura metálica, empleando conceptos tanto del “Reglamento de construcciones para el Distrito Federal”, como del “Manual para constructores” de la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey:

- 9 **Mediciones y trazos.** Para iniciar una construcción deberán de comprobarse los alineamientos oficiales y trazarse los ejes de la misma, refiriéndolos a puntos que puedan conservarse fijos. Si los datos que arroje el levantamiento del predio exigen un ajuste de las distancias entre los ejes consignados en los planos ejecutivos, podrá hacerse sin modificar los cálculos, siempre que el ajuste no incremente ningún claro más del uno por ciento, ni lo disminuya más del cinco por ciento. En su caso, deberán ajustarse los planos constructivos. La posición de los ejes de los elementos de la construcción, no diferirá más de un centímetro respecto a la posición de proyecto ajustado en construcciones de concreto, ni más de dos centímetros en las de mampostería, ni más de tres centímetros en las de madera, ni más de dos milímetros en construcciones metálicas.

- 10 Separación de colindancias y en juntas de dilatación.** Toda nueva construcción debe separarse de sus linderos con los predios vecinos, un mínimo de cinco centímetros, pero no menos que  $X + 0.006H$  en la zona de alta compresibilidad, ni menos que  $X + 0.004H$  en la de baja. En estas expresiones, X representa el máximo desplazamiento lateral más el porcentaje calculado para la altura H sobre el nivel de banqueta. Cuando se use el método simplificado de análisis, se tomará  $X = 0.002H$ . El paño exterior de cada muro de carga en linderos estará en un mismo plano vertical. En juntas de dilatación rige el mismo criterio que con respecto a linderos de colindancia, a menos que se tomen precauciones especiales para evitar daños por choques.

## EL MANUAL PARA CONSTRUCTORES

Con relación a la fabricación de las estructuras de acero, el Manual para Constructores hace las siguientes especificaciones:

- 1 **Enderezado de material.** Todo el material debe ser limpio y recto conforme a la especificación A6 de la A.S.T.M. Si el enderezado es necesario, debe hacerse por métodos que no perjudiquen el material.
- 2 **Corte con soplete.** Los cantos que van a estar sujetos a esfuerzos considerables de tensión, deberán cortarse con soplete guiado mecánicamente, o si se cortan a mano, debe examinarse cuidadosamente y eliminarse las melladuras. El radio en rincones curvos entrantes, debe ser lo más grande posible y nunca menor de 13 mm.
- 3 **Cantos cepillados.** Los cantos de placas o perfiles cortados con cizalla o soplete, no deberán cepillarse o acabarse si no se especifica así en los dibujos de detalle, o se estipula especialmente para preparar los cantos que van a soldarse.
- 4 **Construcciones remachadas y atornilladas, agujeros.** Los agujeros para remaches o tornillos serán de un diámetro 1.6 mm mayores que los nominales de los remaches o tornillos. Si el espesor del material no es mayor que el diámetro del remache o tornillo más de 3 mm, los agujeros pueden punzonarse, y si es mayor, taladrarse, subpunzonarse y rimarse. El dado para los agujeros subpunzonados y la broca para los subtaladros deben ser como mínimo 1.6 mm menor que el diámetro nominal del remache o tornillo.
- 5 **Construcción remachada, ensamble.** Todas las piezas que van a remacharse, deben sujetarse rígidamente con pasadores o tornillos mientras dura la operación. El mandrilado que se haga durante el ensamble, no debe deformar ni agrandar los agujeros. Cuando éstos deban agrandarse para admitir los remaches o tornillos deberán rimarse. Agujeros desalineados serán motivo de rechazo. Los remaches se colocarán por medios mecánicos, ya sea del tipo de compresión u operados manualmente, empleando fuerza neumática, hidráulica o eléctrica. Después de colocados quedarán bien ajustados y sus cabezas en pleno contacto con la superficie; ordinariamente se colocan en caliente, en cuyo caso, el acabado de sus cabezas debe ser de forma aproximadamente semiesférica y de tamaño uniforme para el mismo diámetro de remaches en todo el trabajo; ajustados, prolijamente acabados y concéntricos con los agujeros. Los remaches se calentarán uniformemente a una temperatura que no exceda de  $1065^{\circ}\text{C}$ , y no deben colocarse si su temperatura ha bajado a  $538^{\circ}\text{C}$ . Los remaches pueden colocarse en frío si se toman las precauciones necesarias para evitar que se deforme el material que ha de ser remachado.
- 6 **Construcción soldada.** Las superficies que van a soldarse deben de estar libres de costras, moho, pintura y otras materias extrañas; solamente las costras de laminación que resistan la acción vigorosa de un cepillo de alambre pueden dejarse, una capa ligera de aceite de linaza puede despreciarse. Las superficies de las juntas deben estar libres de rebabas y asperezas. Si se preparan can-

tos por medio de soplete, se cortarán siempre que sea posible, con soplete de guía mecánica. Las piezas que van a soldarse con chaflán deben colocarse tan próximas como sea posible, y en ningún caso se separarán más de 5 mm. Si la separación es de 1.6 mm o mayor, se le añadirá ésta al tamaño de la soldadura. La separación entre superficies de contacto entre juntas traslapadas, no deberá exceder de 1.6 mm. El ajuste de juntas en superficies de contacto que no estén selladas completamente por la soldadura, debe ser suficiente para impedir la penetración del agua después de colocada la pintura. Los extremos de las piezas que van a colocarse a tope, deben alinearse cuidadosamente; las faltas de alineamiento mayores de 3 mm tienen que corregirse, y al hacerlo, la pieza no deberá girar en un ángulo mayor de 2°. Si es posible, las piezas se colocarán en una posición apropiada para realizar el proceso de soldadura en forma horizontal y por arriba.

Al ensamblar o unir las piezas de una estructura o miembro compuesto, el procedimiento y orden de la soldadura será tal que evite deformaciones innecesarias y reduzca al mínimo los esfuerzos debidos a la contracción; donde sea imposible anular esfuerzos elevados en los remates de soldadura de un ensamble rígido, los remates deberán hacerse en los elementos de compresión.

En la fabricación de vigas con cubreplacas y miembros compuestos, los empalmes de taller de cada pieza componente, deberán hacerse antes de proceder a soldarse a otra pieza del miembro. Las trabes largas o secciones de trabe pueden hacerse en el taller empleando no más de tres secciones.

La soldadura a tope de penetración completa, excepto cuando se ejecuten con la ayuda de material de respaldo, o se realicen en posición horizontal por arriba y por ambos lados, en material con cantos escuadrados no mayores de 8 mm de espesor, con una abertura en la raíz no menor a la mitad del espesor de la pieza unida más delgada, deberá tener la raíz de la capa inicial cincelada o escarificada por la parte posterior, antes que se inicie la soldadura por ese lado, y deberá procederse de tal manera de asegurarse un metal sano y una fusión completa a través de toda la sección. En las soldaduras a tope cuando se usa el respaldo del mismo material que el metal base, deberá obtenerse una fusión perfecta entre ambos metales, pudiéndose quitar las tiras de respaldo por medio de soplete después de que la soldadura esté completa, procurando no perjudicar el metal base ni la soldadura; la superficie de la misma debe quedar enrasada o ligeramente convexa, con un espesor uniforme en la garganta. Las soldaduras a tope se terminarán en los extremos de una junta, con el objeto de asegurar su firmeza. Donde sea posible, esto podrá hacerse mediante el uso de placas o barras de extensión, las cuales se quitarán después de completar la soldadura. Los extremos de la misma deberán quedar lisos y al ras del canto de las piezas.

Ninguna soldadura deberá ejecutarse cuando la temperatura ambiente sea menor a -18°C. El metal base deberá precalentarse a la temperatura marcada en la tabla que se presenta más adelante, antes de colocar cualquier tipo de soldadura. Cuando el metal base marcado en la tabla se encuentra a una temperatura inferior a los 0°C, deberá precalentarse a 21°C como mínimo, antes de proceder a soldarse. El precalentamiento se ejecutará en el metal base en un radio de 75 mm del punto por soldarse a la temperatura especificada, procurando mantener esta temperatura mientras se esté soldando.

Las soldaduras de varias capas, donde se requieran, pueden golpearse ligeramente por medio de un martillo mecánico, usando una herramienta alargada de punta redonda; después que la soldadura se haya enfriado hasta tomar la temperatura de la mano, se procede con cuidado para evitar escamaduras, desconchaduras o deformaciones en la soldadura o en el metal base a causa de un martilleo demasiado fuerte. La técnica de la soldadura empleada, la apariencia y calidad de la misma, y los métodos utilizados



al corregir defectos de trabajo, se ajustarán a las normas del “Código Estándar para Soldaduras de Arco y Acetileno en Construcción de Edificios” de la Sociedad Americana de la Soldadura (A.W.S.)

ESPESOR DE LA PARTE MÁS GRUESA EN EL PUNTO DE SOLDADURA EN MM	PRECALENTAMIENTO MÍNIMO Y TEMPERATURAS DE PASOS SUCESIVOS	
	PROCESO DE SOLDADURA DE BAJA HIDRÓGENA (2)	OTROS PROCESOS EXCEPTO SOLDADURAS DE BAJA HIDRÓGENA (1)
	Acero A7 y A36	Acero A7 y A36
De 0 a 25	Ninguna	Ninguna (3)
De 25a 50	10°c	94°c
Arriba de 50	66°c	150°c

(1).-Soldaduras con electrodos A.S.T.M. A233, E60XX ó E70XX

(2).-Soldaduras con electrodos A.S.T.M. A233, EXX15, 16, 18 ó 28 propiamente secos o de Arco Sumergido con fundente seco.

(3).- Excepto cuando la temperatura del metal base es inferior a 0°c

7 **Acabado.** Las juntas en compresión en las que el empuje depende del contacto, deberán tener las superficies de contacto en un plano común preparado por medio de cepillado, cortes con sierra u otro medio adecuado.

8 **Tolerancias.**

A) *Alineamiento.* Los miembros estructurales consistentes de un perfil simple, o compuestos fabricados a través del remachado o soldado, si no se especifica otra cosa, deberán ser rectos dentro de las tolerancias permitidas por la A.S.T.M. Especificación A6 para perfiles simples y de patín ancho, o por los requisitos de los párrafos siguientes:

a) Los miembros en compresión pueden tener una variación lateral máxima de 1/1000 de la longitud axial entre los puntos que han de quedar lateralmente soportados.

b) Los miembros ya terminados deberán estar bien alineados y libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas. Serán causa de rechazo del material las melladuras y dobleces.

B) *Longitud.* Una variación de 0.8 mm se permite en la longitud total de miembros con ambos extremos acabados para contacto completo, como se especificó en el inciso anterior.

Los miembros con extremos sin acabar que estarán ensamblados a otras partes de la estructura, pueden tener una variación en la longitud detallada de 1.6 mm como máximo, para miembros menores de 10 m y de 3 mm para mayores.

## PINTURA DE TALLER

a) *Requisitos generales.* Si no se especifica otra cosa, las estructuras que estarán cubiertas por acabados interiores de los edificios, así como las que quedarán recubiertas de concreto, no necesitan pintarse. Después de la inspección y de la aprobación pero antes de embarcarse, las estructuras que van a pintarse, se limpiarán previamente por medio de cepillos de alambre u otro método elegido por el fabricante, según el estado de las piezas, dejándolas libres de mohos, escamas, salpicaduras y otras materias extrañas. Cuando se especifique que las estructuras no llevarán pintura de taller, se dejarán libres de aceites y grasas por medio de



disolventes, eliminando además polvos y otras materias extrañas por medio de la acción de un cepillo de fibra. La pintura de taller se considera que protege al acero solamente por un corto período de tiempo, aún si ésta se usara como base de pinturas posteriores.

- b) *Superficies inaccesibles.* Las superficies que serán inaccesibles una vez ensambladas, deberán tratarse previamente de acuerdo con el inciso anterior, antes de ensamblarse.
- c) *Superficies en contacto.* Las superficies en contacto deben limpiarse de acuerdo con el inciso (a) antes del ensamble, pero no deberán pintarse.
- d) *Superficies acabadas.* Las superficies acabadas con máquina deberán protegerse contra la corrosión por medio de pintura anti-corrosiva, que pueda fácilmente quitarse antes del montaje, o que tenga características que haga innecesario el removerlas.
- e) *Superficies adyacentes a soldaduras de campo.* Si no se especifica de otra manera, las superficies contenidas en un radio de 51 mm en cualquier localización de soldadura de campo, deberán estar libres de materias que puedan estorbar la soldadura, o producir vapores perjudiciales mientras se ejecuta.

## MONTAJE.

- a) *Puntales y arriostramientos.* El esqueleto de una estructura se erigirá con precaución y a plomo, teniendo cuidado de introducir puntales y tornapuntas provisionales en el lugar donde lo exijan las cargas que estén alterando el equilibrio del esqueleto, incluyendo cargas ocasionadas por equipos y su funcionamiento; las puntas se dejarán el tiempo que demande la seguridad general.

Los almacenamientos de material, equipo de montaje y otras cargas accidentales, causan esfuerzos imprevistos en la estructura, por lo que se tomarán las precauciones necesarias para absorberlos.

- b) *Conexiones temporales.* Conforme progrese el montaje de una estructura, deberán irse atornillando adecuadamente las conexiones, y si es necesario, se pondrán soldaduras con el objeto de asegurarse de las cargas muertas, viento o esfuerzos accidentales causados por el montaje.
- c) *Alineamiento.* No se remachará ni se soldará permanentemente, hasta que la estructura esté perfectamente alineada y apuntalada.
- d) *Soldadura de campo.* A cualquier pintura de taller en superficie adyacente a las juntas que van a soldarse en el campo, se le aplicará cepillo de alambre, hasta reducir la película de la pintura a un mínimo.
- e) *Pintura de campo.* La responsabilidad por la limpieza y retoque, así como para la pintura en general, se asignará de acuerdo con las prácticas locales aceptadas y se asentará explícitamente en el contrato.

## INSPECCIÓN.

- a) *Generalidades.* El material y la mano de obra se podrán inspeccionar en cualquier momento por ingenieros con experiencia u otro representante del comprador.
- b) *Cooperación.* Toda inspección se hará hasta donde sea posible en el lugar de manufactura y el fabricante debe cooperar, dándole al inspector del comprador todas las facilidades para que tenga acceso a los lugares donde se efectúa el trabajo.
- c) *Rechazo.* El material o la mano de obra, que no esté de acuerdo con las normas de las especificaciones, puede rechazarse en el momento de encontrarle algún

defecto durante la ejecución del trabajo.

- d) *Inspección de trabajos de soldadura.* La inspección de trabajos de soldadura debe llevarse a cabo de acuerdo con las normas del "Código para Soldaduras Eléctricas y con Acetileno en la Construcción de Edificios" de la Sociedad Americana para la Soldadura (A.W.S.)

## EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES: TIPOS DE ESTRUCTURAS

Establece los siguientes tipos de estructuras: Se permiten los tres tipos básicos de estructuras de acero que se enumeran más adelante. En cada caso, el análisis, diseño, fabricación y montaje de la estructura deberán estar de acuerdo con el tipo elegido.

*Tipo 1.* Es aquel cuyas conexiones son suficientemente rígidas para asegurar que no se modificarán los ángulos que forman los ejes de los miembros. Para que una estructura pueda considerarse dentro de este tipo, es necesario que las conexiones extremas de los elementos que la forman, sean capaces de transmitir como mínimo, el momento resistente de dichos elementos.

*Tipo 2.* Es aquel cuyas conexiones no tienen capacidad para desarrollar momentos, si no únicamente fuerzas cortantes y que permiten las rotaciones relativas entre los extremos de los distintos miembros. Las conexiones de elementos estructurales diseñadas dentro de éste tipo, deberán ser flexibles, y no serán capaces de desarrollar más del 20% del momento resistente del elemento.

*Tipo 3.* Es aquel cuyas conexiones poseen una capacidad conocida para desarrollar momento, y cuya rigidez es intermedia entre las del Tipo 1 y las del Tipo 2.

## BASES DE COLUMNAS

Se tomarán todas las medidas necesarias para garantizar una transmisión correcta de las fuerzas y momentos que soporta una columna a los elementos sobre los que se apoya, mediante la utilización de placas de base perfectamente asentadas sobre ellos y de anclas diseñadas para resistir todas las tensiones y fuerzas cortantes que puedan presentarse tanto durante el montaje como en la estructura terminada.

## EL MANUAL PARA CONSTRUCTORES

**Con relación a las bases, especifica lo siguiente:**

- 1 *Cargas.* Deberán hacerse arreglos adecuados para transmitir las cargas de las columnas y momentos, a los pedestales y cimientos.
- 2 *Nivelación.* Las bases de las columnas deberán estar niveladas y a la elevación correcta, apoyándose completamente en el concreto.
- 3 *Acabado.* Las bases de las columnas deberán acabarse, cumpliendo con los siguientes requisitos:
  - a) Las placas de apoyo de acero laminado de 51 mm o menos de espesor, pueden usarse sin cepillarse, siempre que exista un contacto satisfactorio con la mampostería o concreto; las placas de 51 a 102 mm, pueden enderezarse por medio de prensa, o si ésta no está disponible, cepillando toda la superficie para obtener un contacto adecuado; placas con espesores arriba de los 102 mm, deberán cepillarse en toda la superficie (excepto lo anotado en c).

- b) Las placas de apoyo que no son de acero laminado, deberán cepillarse en toda la superficie (excepto lo anotado en c).
- c) La cara interior de placas de apoyo y bases de columna que descansen en cimientos de concreto, y son asentadas con pasta para asegurar un contacto total, no necesitan cepillarse.

## **PERNOS DE ANCLAJE**

Los pernos de anclaje se diseñarán para resistir todas las condiciones de tensión y corte en las bases de las columnas, incluyendo las componentes de tensión neta resultante del momento flexionante originado por el empotramiento o semiempotramiento de la columna.

## **SUPERVISIÓN DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS**

Habiendo detallado las principales normas que rigen el diseño y construcción de las Estructuras Metálicas, normas establecidas por dos de las más importantes Instituciones que controlan la edificación en México, se anotan ahora las actividades del supervisor:

### **1. CONOCIMIENTO DEL PROYECTO**

El supervisor, siendo la persona encargada de revisar, asesorar, inspeccionar, vigilar, coordinar, así como informar de todas y cada una de las actividades dentro del desarrollo de una obra determinada, tendrá, antes que nada, que conocer con todo detalle el proyecto de la obra en todos sus aspectos: los planos, especificaciones, memorias técnicas, estudios de la cimentación, programa de trabajo, normas de construcción, condiciones del contrato de la obra, anotaciones en el libro de bitácora, etc.

### **2. SUPERVISIÓN DE MEDICIONES Y TRAZOS**

Con base en los planos, revisará el trazo de los ejes de la estructura, la separación de colindancias y de las juntas de dilatación, así como los niveles de desplante de la cimentación.

### **3. SUPERVISIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Supervisión de los elementos estructurales que integran la estructura en el taller, se supervisarán los materiales que integran la estructura, y ahí también se aprobará su traslado a la obra. Para la identificación de cada elemento, el supervisor contará con los planos estructurales, planos de detalle, especificaciones, contrato de fabricación de la estructura y con ésta, la lista de pedido de los distintos materiales.

### **4. SUPERVISIÓN DEL DESPLANTE DE LA ESTRUCTURA**

Realizado el colado y curado de la cimentación de concreto, en la cual ya se habrá previsto la colocación de los pernos de anclaje de las bases de columnas, se revisará la nivelación de las placas que forman las bases de las columnas, previamente cepilladas, si es necesario.

### **5. SUPERVISIÓN EN LA OBRA DE LOS MATERIALES**

Supervisión de los materiales que forman la estructura antes de iniciar el montaje de la misma; se volverán a revisar cuidadosamente los materiales con los que se formarán

las columnas del primer nivel, para cerciorarse de que no sufrieron ningún desperfecto o torcedura durante su traslado del taller a la obra. Si están correctos en todos sus detalles, se autorizará el montaje del primer nivel.

## 6. SUPERVISIÓN DEL MONTAJE

Antes de tratar este tema, es importante meditar sobre los problemas y riesgos que pueden presentarse durante la erección o montaje de la estructura. Las consecuencias de un accidente tendrían como resultado, en primer lugar, la pérdida de vidas humanas, y en segundo lugar, la pérdida de materiales y demoras en el cumplimiento del programa de la obra.

Con el fin de evitar al máximo esos riesgos, los trabajos de montaje se contratan con compañías especializadas en ese tipo de trabajos, las que además de contar con la experiencia necesaria, personal altamente calificado y maquinaria moderna, se responsabilizan de realizar sin riesgos este trabajo.

Con este panorama, el trabajo del supervisor por parte del dueño de la obra, consistirá en verificar con los planos estructurales, que cada uno de los elementos, sean columnas, trabes, vigas, etcétera, sean montadas en el lugar que les corresponda; por ejemplo, las columnas debidamente alineadas, niveladas y plomeadas.

Una vez que una columna de primer nivel está colocada en el lugar que le corresponde, se le sujetará a sus anclas y se procederá a soldar sus conexiones con sus placas de apoyo, respetando lo indicado en planos y en las normas y especificaciones.

Con un procedimiento similar se realizará el montaje de trabes, vigas y armaduras, las que serán debidamente apuntaladas y aseguradas sus conexiones, antes de proceder a soldar esas conexiones entre elementos horizontales y verticales.

Terminado el montaje en el primer nivel, de columnas, trabes y vigas y preparada la liga de columnas de primer nivel con las columnas de segundo nivel; el supervisor de la estructura metálica se pondrá de acuerdo con el responsable o supervisor del concreto, para aprobar juntos el colado de la losa de primer nivel. Repitiendo la secuela anterior se montará y supervisará la estructura en sus siguientes niveles.

Si durante el proceso de trabajo se presentan problemas en la obra, se seguirán las normas correspondientes al caso y se anotarán en el libro de bitácora de la construcción. También deberá anotarse todo lo concerniente al cumplimiento del programa de trabajo y lo que se relaciona con él, así como la fecha y la firma de las personas autorizadas.

## CONCLUSIONES

En el presente artículo no se mencionan otras actividades que realiza la supervisión, como es el caso de los reportes de avance de obra periódicos, o lo que deberá de realizarse en el caso de suspensión de los trabajos de la obra, y la entrega de la misma; sólo se han mencionado las normas y actividades sobresalientes, con el fin de interesar al lector que se dedica o va a dedicarse a la supervisión de obras, en el estudio detallado de los documentos analizados aquí en principio, con miras a obtener un mejor desempeño, que redundará en la eficacia y calidad de los trabajos, y en una buena imagen profesional.

## BIBLIOGRAFÍA

*Código Estándar para Soldaduras de Arco y Acetileno en Construcción de Edificios*, U.S.A., American Welding Society (A.W.S.). 1992

*Manual para Constructores.* México, Cía. Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, 1981

Arnal, Betancourt, *Reglamento de Construcciones para el D.F. Comentado.* México, Trillas, 1987.

Bresler, Lin, *Diseño de Estructuras de Acero,* México, Limusa, 1987.

Mc Cormick Jack. *Diseño de Estructuras Metálicas,* México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1992.