INTRODUCCIÓN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Principios generales de diseño de estructuras metálicas.   El propósito fundamental del diseñador de estructuras es lograr una estructura económica y segura, que cumpla con ciertos requisitos funcionales y estéticos. Para alcanzar esta meta, el diseñador debe tener un conocimiento completo de las propiedades de los materiales, del comportamiento estructural, de la mecánica y análisis estructural, y de la relación entre la distribución y la función de una estructura; debe tener también, una apreciación clara de los valores estéticos con objeto de trabajar en colaboración con otros especialistas y contribuir así al desarrollo de las cualidades funcionales y ambientales deseadas en una estructura. | http://www.arqhys.com/imagenes/blanco.GIF |  |

En gran parte, el diseño estructural es un arte basado en la habilidad creativa, imaginación y experiencia del diseñador. Siempre que el diseño estructural tenga estas cualidades, será un arte. Sin embargo, no debe permanecer como un arte puro, ya que el usuario debe recibir los mayores beneficios dentro de sus posibilidades económicas. Esto requiere el desarrollo de nuevos tipos de estructuras y nuevas técnicas de construcción, las que a menudo necesitan soluciones más científicas y rigurosas; así pues, la mecánica y el análisis económico deben intervenir en el arte de crear mejores edificios, puentes, máquinas y equipos. En el sentido amplio de la palabra el término “diseño” incluye tanto arte creativo como análisis científico. La construcción de los monumentos egipcios, los templos griegos y los puentes romanos era arte basado principalmente en reglas empíricas, intuición y experiencia.

El enfoque racional del diseño estructural, cuyo desarrollo tuvo comienzo en el siglo diecisiete, representa un acuerdo entre el arte y la ciencia, entre la experiencia y la teoría. La teoría de las estructuras y la evidencia experimental son herramientas valiosas para el diseño estructural, mas no son suficientes para establecer un procedimiento de diseño completamente científico ya que en primer término, para hacer posible un análisis teórico, es necesario idealizar considerablemente el comportamiento estructural por medio de suposiciones ingenieriles bien fundamentadas, de modo que las fuerzas internas y los  desplazamientos calculados representen solamente aproximaciones de los que realmente se presentan en las estructuras. Asimismo, la resistencia de las estructuras reales a las cargas y a las deformaciones pueden determinarse sólo aproximadamente.

Además, las estructuras están sujetas frecuentemente a fuerzas y condiciones de servicio que no pueden ser previstas con precisión. De esta manera, la experiencia y el buen juicio siempre juegan un papel importante en la práctica del diseño estructural, aunque no son suficientes por sí solos, sino que deben ser guiados por el análisis científico, basado en la comprensión completa de la teoría de las estructuras y de la mecánica estructural.

1. El acero como material estructural

Entre los materiales de construcción, como es de conocimiento general, el acero tiene una posición relevante; combina la resistencia mecánica, su capacidad de ser trabajado, disponibilidad y su bajo costo. Siendo así, es fácil comprender la importancia y el amplio uso de los aceros en todos los campos de la ingeniería, en las estructuras, sean éstas fijas, como los edificios, puentes, etc. O sean móviles, en la industria ferroviaria, automotriz, naval, aeronáutica, etc.

Para la mayoría de las aplicaciones consideradas, la importancia de la resistencia mecánica es, en cierto modo, relativamente pequeña, del mismo modo que el factor peso no es primordial. De esta forma, los aceros al Carbono comunes, simplemente laminados y sin ningún tratamiento térmico, son plenamente satisfactorios y constituyen un porcentaje considerable dentro de los aceros estructurales.

En otras aplicaciones, se exige una relación resistencia/peso más satisfactoria. Es el caso de la industria del transporte, en donde el equipo utilizado –camiones, buses, equipo ferroviario, naval,etc.- debido a las condiciones propias del servicio, debe caracterizarse por un peso relativamente bajo y una alta resistencia. Esta condición es fundamental ya que estas estructuras están sujetas a esfuerzos e impactos severos, además de una resistencia a la corrosión adecuada.

Para todas estas aplicaciones, los aceros indicados son los de baja aleación, más conocidos como los de ”alta resistencia y baja aleación”. De esta forma, se puede establecer la siguiente división de los aceros empleados en estructuras:

• Aceros al Carbono y Aceros de alta resistencia y baja aleación.

**Aceros al Carbono**

Los requisitos fundamentales que deben cumplir estos aceros, son los siguientes:

**Ductilidad y homogeneidad**: de hecho, un contenido relativamente bajo de Carbono y el trabajado en caliente de laminación de los perfiles estructurales, garantizan la ductilidad necesaria, además de la homogeneidad en todo el producto.

**La ductilidad** de estos aceros garantiza una excelente trabajabilidad en operaciones como el corte, doblado, perforado, etc., sin que se originen fisuras u otros defectos.

**Valor elevado de la relación resistencia mecánica/límite de fluencia**: . El límite de fluencia, así como el módulo de elasticidad, son las características del acero que se utilizan en el proyecto y el cálculo de una estructura.

**Soldabilidad.** La soldabilidad por otra parte, es otra característica muy importante en este tipo de material de construcción, ya que la soldadura de los elementos y piezas en una estructura, es práctica común. Los aceros al Carbono comunes también satisfacen este requisito, pues deben ser soldados sin alterar su microestructura.

**Apto para ser cortado por llama, sin endurecimiento:** del mismo modo, el corte por llama, muy empleado en piezas estructurales, poco afecta a estos aceros, desde el punto de vista de sus alteraciones microestructurales en las proximidades de la zona de corte.

**Resistencia a la corrosión**, razonable. Finalmente, la resistencia a la corrosión sólo es alcanzada por la adición de pequeñas cantidades de cobre, elemento que adicionado en cantidades muy bajas (0,25%) mejora esta propiedad en dos veces en relación al mismo acero sin cobre. Con excepción de la resistencia a la corrosión, todos los otros requisitos son satisfechos en mayor o menos grado, por los aceros al Carbono de bajo a medio Carbono, que son obtenidos por laminación y cuyos límites de resistencia varían de 40 a 50 Kgf/mm2 y alargamientos que están en torno al 20%.

Para la mayoría de las aplicaciones estructurales, la cantidad de Carbono de estos aceros varía entre 0,15% a 0,40%, con otros elementos (Mn, Si, P y S) en cantidades consideradas normales. Un acero con Carbono y Manganeso de un 0,20% y 0,50% respectivamente, presenta un límite de fluencia de 25 Kgf/mm2 y una resistencia mecánica de 42 Kgf/mm2.

Un aumento del contenido de Carbono eleva estos límites, actuando en el mismo sentido Un aumento del contenido de Carbono eleva estos límites, actuando en el mismo sentido pero en menor grado, del aumento de contenido de Manganeso. En las estructuras, los perfiles de acero al Carbono utilizados son los más diversos, sobresaliendo los siguientes: barras redondas, cuadradas, hexagonales, planas, ángulos, canales, perfiles doble T, etc. Todos estos productos son laminados en caliente y empleados en ese estado, sin otro tratamiento térmico o mecánico posterior.

**Normas para aceros estructurales**

En nuestro país, los aceros estructurales están normalizados por el Instituto Nacional de Normalización y sus requisitos se describen en la Norma Chilena Oficial NCh 203. Of2006. Dicha norma se aplica a los productos planos, perfiles y barras de uso en la construcción de estructuras.

De acuerdo a las designaciones adoptadas, los aceros estructurales nacionales han adoptado tres grados de aceros, según sus características mecánicas; estos son el

**A37-24ES, A42-27ES y A52-34ES**, llamados hoy día **A240 ES, A270 ES y A340 ES** respectivamente.

En esta nomenclatura, la letra **A** significa que el material es acero al Carbono; los **números** se refieren a la **resistencia a la tracción** y al **límite de fluencia** **mínimo** por tracción, respectivamente expresados en Kgf/mm2; la letra **E** indica que el acero es para usos estructurales y la letra **S** que el acero es de soldabilidad garantizada.

En la tabla 3 siguiente, se muestran algunas recomendaciones de soldaduras para aceros estructurales y para uso de cerrajería.

Las propiedades mecánicas que deben cumplir los productos de acero laminados, de acuerdo a esta norma, se indican en la Tabla 4.





Un segundo requisito que plantea esta norma, es que los productos laminados deberán resistir un doblado a 180° sin que se observen grietas en la zona sometida a tracción.

Finalmente, para garantizar la soldabilidad del producto, sin que sea necesario someter a tratamientos especiales el cordón y dar garantías de unión bajo cargas de servicio, el acero debe cumplir exigencias en su composición química.

Por ejemplo, el acero A42-27ES (A270ES) admite como máximos en Carbono, Manganeso, Fósforo y Azufre 0,27%, 1,30%, 0,05% y 0,063% respectivamente. No obstante lo anterior, la soldabilidad puede estar limitada si no se toman precauciones, en especial cuando el material se emplea en un componente crítico, un mal diseño de la junta a soldar, baja temperatura ambiental, equipo de soldador defectuoso, procedimientos inconvenientes, electrodos inapropiados o el operador soldador no calificado.

En los Estados Unidos, la Norma de aceros al Carbono estructurales más popular es la **ASTM A36**, que reemplazó desde 1960 los grados ASTM A-373 y A-7.

En la Tabla 5, se muestran los valores de propiedades mecánicas de acero ASTM A36 en comparación con los valores de la NCh 203 para el acero A42-27ES.(A270ES)





1. Ventajas del Acero como material estructural

**a. Alta resistencia**: la alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas, lo cual es de gran importancia en la construcción de puentes, edificios altos y estructuras cimentadas en suelos blandos.

**b. Homogeneidad:** las propiedades del acero no se alteran con el tiempo, ni varían con la localización en los elementos estructurales.

**c. Elasticidad:** el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.

**d. Precisión dimensional:** los perfiles laminados están fabricados bajo estándares que permiten establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.

**e. Ductilidad:** el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.

**f. Tenacidad:** el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).

**g. Facilidad** **de unión con otros miembros:** el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.

**h. Rapidez de montaje:** la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.

**i. Disponibilidad de secciones y tamaños:** el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

**j. Costo de recuperación:** las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.

**k. Reciclable:** el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.

**l. Permite ampliaciones fácilmente:** el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.

**m. Gran adaptabilidad a la prefabricación:** el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

1. Desventajas del acero

**a. Corrosión:** el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con algún tipo de tratamiento de su superficie, en base a pinturas o revestimientos, exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.

**b. Calor, fuego:** en el caso de incendios, el calor se propaga rápidamente por las estructuras haciendo disminuir su resistencia hasta alcanzar temperaturas donde el acero se comporta plásticamente, debiendo protegerse con recubrimientos aislantes del calor y del fuego (retardantes) como mortero, concreto, asbesto, etc.

**c. Pandeo elástico:** debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicos las columnas de acero.

**d. Fatiga:** la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).