

CAPÍTULO II:
ESTADO DEL ARTE Y ESTUDIO
COMPARATIVO DE NORMATIVAS
PARA EL DISEÑO DE
ESTRUCTURAS DE ALUMINIO

2 Estado del arte y estudio comparativo de normativas para el diseño de estructuras de aluminio

Índice

2.1	Introducción.....	12
2.2	Estado del Arte.....	12
2.2.1	Eurocódigo 9.....	12
2.2.2	ASME B96.1.....	13
2.2.3	CSA S157-05.....	14
2.2.4	Especificaciones para Estructuras de Aluminio de la Asociación del Aluminio.....	14
2.3	Estudio comparativo de las distintas normativa.....	14
2.3.1	Teoría de diseño.....	14
2.3.2	Criterio de diseño.....	15
2.3.3	Propiedades del material.....	16
2.3.4	Estructuras laminares.....	17
2.4	Conclusiones.....	19

2.1 Introducción

El objeto de este capítulo es el estudio del estado del arte de las normativas de ámbito mundial existentes para el cálculo de estructuras de aluminio y la realización de un estudio comparativo entre ellas.

2.2 Estado del Arte

En la actualidad, las normativas y especificaciones más significativas destinadas al diseño de estructuras de aluminio son las siguientes:

- Eurocódigo 9 EN 1999: Proyecto de Estructuras de Aluminio
- ASME B96.1 : Tanques de Almacenamiento de Aleaciones de Aluminio Soldadas
- CSA S157-05: Diseño en aluminio
- Especificaciones para Estructuras de Aluminio de la Asociación del Aluminio

2.2.1 Eurocódigo 9 EN 1999

Los Eurocódigos estructurales son un conjunto de normas europeas de carácter voluntario, encargadas por la Comisión Europea al Comité Europeo de Normalización (CEN), y que se recogen los métodos comunes en todos los Estados Miembro de la Unión Europea para el cálculo y dimensionado de estructuras y de productos prefabricados estructurales.

El Eurocódigo 9 es un conjunto de normas europeas que recoge las reglas y principios para el cálculo de estructuras de aluminio.

Se estructura en las siguientes partes:

- EN1999-1-1: Reglas Generales y Reglas para Edificación
- EN1999-1-2: Reglas para el Proyecto de Estructuras de Aluminio frente al Fuego
- EN1999-1-3: Resistencia a Fatiga de las Estructuras de Aluminio
- EN1999-1-4: Chapas de Espesor Reducido
- EN1999-1-5: Estructuras Laminares

2.2.2 ASME B96.1

Esta norma, creada por la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), comprende el diseño, materiales, fabricación, montaje, inspección y requisitos de prueba para tanques de almacenamiento de aleaciones de aluminio de líquidos a presiones aproximadamente atmosféricas a temperatura ambiente, erigidos sobre el terreno o prefabricados, sobre el suelo, verticales, cilíndricos, de fondo plano, abiertos o cerrados,.

Esta Norma tiene por objeto proporcionar a la industria química y otros usuarios con tanques de diseño seguro para la contención de los líquidos dentro de los límites de diseño. No presenta una serie fija de tamaños de depósito autorizada, sino que está pensada para permitir la selección de cualquier tamaño que mejor satisfaga las necesidades del comprador.

Está destinada para la conveniencia y la comprensión mutua de los diseñadores, compradores, fabricantes, constructoras e inspectores de los tanques construidos de acuerdo con sus necesidades.

2.2.3 CSA S157-05

Esta norma nace de la Asociación Canadiense de Estándares y está destinada al establecimiento de unas reglas y procedimientos para el cálculo y diseño de estructuras de aluminio.

2.2.4 Especificaciones para Estructuras de Aluminio de la Asociación del Aluminio

La Asociación del Aluminio trabaja a nivel mundial para promover el aluminio como el material más sostenible y reciclable para automoción, envases y materiales de construcción en el mercado.

Mediante estas especificaciones han desarrollado y siguen evolucionando para satisfacer la necesidad de un sistema de comunicación para facilitar el comercio de aluminio, otorgando reglas y criterios de diseño para estas estructuras.

2.3 Estudio comparativo de las distintas normativas

En este apartado se va a proceder a la comparación de las distintas normas y especificaciones detalladas en el apartado anterior.

2.3.1 Teoría de diseño

La principal diferencia entre estos métodos consiste en que mientras el Eurocódigo 9 está basado en la Teoría de los Estados Límites, que se utiliza cada vez más en la industria del acero estructural y del hormigón armado, el resto de códigos están basados en la Teoría de Tensiones de Diseño y Tensiones Admisibles.

La experiencia en el diseño de tanques para almacenamiento de productos líquidos según la Teoría de los Estados Límites es limitada, y existe poca información en la que basar los valores de los coeficientes de seguridad y las combinaciones de carga. Sin embargo, se prevé que cuando se tenga suficiente experiencia en el diseño de tanques con este método, y se disponga de valores fiables de los coeficientes de carga, pandeo, etc., se produzca un movimiento gradual hacia el uso de la Teoría de los Estados Límites para el diseño de tanques, al igual que ha ocurrido con el diseño de otro tipo de estructuras.

La norma ASME B96.1 además se basa en el diseño por fórmulas (DBF) mientras que el tipo de análisis en las restantes normas y/o especificaciones es el diseño por análisis (DBA), estudiando en cada caso los puntos más desfavorables de la estructura.

2.3.2 Criterio de diseño

La norma europea EN 1999, la norma canadiense CSA S157-05 y las especificaciones dadas por la Asociación de Aluminio adoptan el mismo criterio de diseño:

- La estructura será diseñada para que la probabilidad de fallo bajo la acción de las cargas previstas sea muy pequeña
- La estructura debe mantener su servicio bajo el uso previsto

La ecuación general de diseño para estas normativas es la siguiente:

$$\text{Resistencia} \cdot \text{Factores de minoración} \geq \text{Efecto de las cargas mayoradas}$$

En cuanto al estándar ASME B96.1, no se especifica el criterio de diseño tenido en cuenta, sino que el procedimiento de dicha norma proviene de la experiencia de la industria en el cálculo de este tipo de estructuras.

Al realizar una comparativa entre los factores que minoran la resistencia de la estructura en cada una de las normas, se comprueba que la norma S157-05 es la menos conservadora en líneas generales. Por la contra, la norma más conservadora en este aspecto es la proveniente de la Asociación del Aluminio.

2.3.3 Propiedades del material

En este subapartado se analizan los distintos aspectos relativos a las propiedades del material de construcción.

Aleaciones

En la siguiente tabla se indican las aleaciones permitidas para el diseño de la estructura en cada una de las normas:

<i>Series</i>	<i>CSA</i>	<i>EC9</i>	<i>SAS</i>	<i>ASME</i>
1000			X	X
2000			X	
3000	X	X	X	X
5000	X	X	X	X
6000	X	X	X	X
7000	X	X		

Tabla 2.1: Aleaciones permitidas en cada norma

Densidad

El valor de la densidad del aluminio y sus aleaciones se establece en 2.700 kg/m³, sin embargo, la Asociación del Aluminio indica un valor entre 2.640 kg/m³ y 2.840 kg/m³.

Módulo Elástico

El módulo elástico de este material, según cada norma, se resume a continuación:

<i>Norma</i>	<i>Módulo elástico (MPa)</i>
CSA	70.000
EC9	70.000
SAS	69.500-71.500
ASME	69.500

Tabla 2.2: Valor del módulo elástico

2.3.4 Estructuras laminares

Este punto es el más interesante desde el punto de vista de este proyecto. Tras analizar las normativas se comprueba que solamente existen indicaciones para el cálculo de este tipo de estructuras en las siguientes normas:

- Eurocódigo 9 EN 1999: Proyecto de Estructuras de Aluminio
- ASME B96.1 : Tanques de Almacenamiento de Aleaciones de Aluminio Soldadas
- CSA S157-05: Diseño en aluminio

Eurocódigo 9 EN 1999: Proyecto de Estructuras de Aluminio

En este eurocódigo existe una parte (*Parte 1-5*) dedicada exclusivamente al análisis de este tipo de estructuras. En ella se establecen las indicaciones y ecuaciones necesarias para el diseño de cualquier estructura laminar.

ASME B96.1 : Tanques de Almacenamiento de Aleaciones de Aluminio Soldadas

Este estándar americano este destinado al diseño de un tipo de estructura laminar: tanques de almacenamiento. En él se establecen las expresiones necesarias para el diseño de cada una de las partes que componen el tanque, así como las indicaciones necesarias para la correcta construcción de la estructura.

CSA S157-05: Diseño en aluminio

En esta norma canadiense contiene un apartado donde se contempla el procedimiento para el diseño de estructuras laminares. En él se detallan los parámetros y ecuaciones necesarias para este estudio.

2.4 Conclusiones

Tras el análisis de las normativas existentes dedicadas al diseño de estructuras de aluminio y, especialmente, estructuras laminares, se concluye con que las normas más extendidas y utilizadas son el Eurocódigo 9 y el estándar ASME B96.1. Ambos documentos presentan procedimientos para el diseño de tanques de almacenamiento.

Por consiguiente, para la segunda parte del presente proyecto, el cual se centra en el diseño de un depósito cuya descripción se detalla en el capítulo posterior, se consideran estas normativas. Se diseñará por los distintos procedimientos y se llevará a cabo una comparación entre los resultados obtenidos y el método seguido.