

H.5.3.DISEÑO Y DIMENSIONADO DE LAS ESTRUCTURAS Y ENVOLVENTES DE LOS SIRVE

SIRVE

SISTEMAS INTEGRADOS PARA LA RECARGA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Socios del proyecto:



Colaborador:



*Proyecto financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación en el
Subprograma INNPACTO 2011*



1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Partiendo del diseño obtenido en la tarea 5.1 se procede al dimensionado de los elementos. Para ello se presentan una serie de planos donde se exponen las principales características de la estación SIRVE.



Figura 1. Diseño final de SIRVE.

La estructura de la marquesina, figura2, se apoya en tres columnas y el tejado está formado por una parte plana y dos aleros uno en cada extremo.

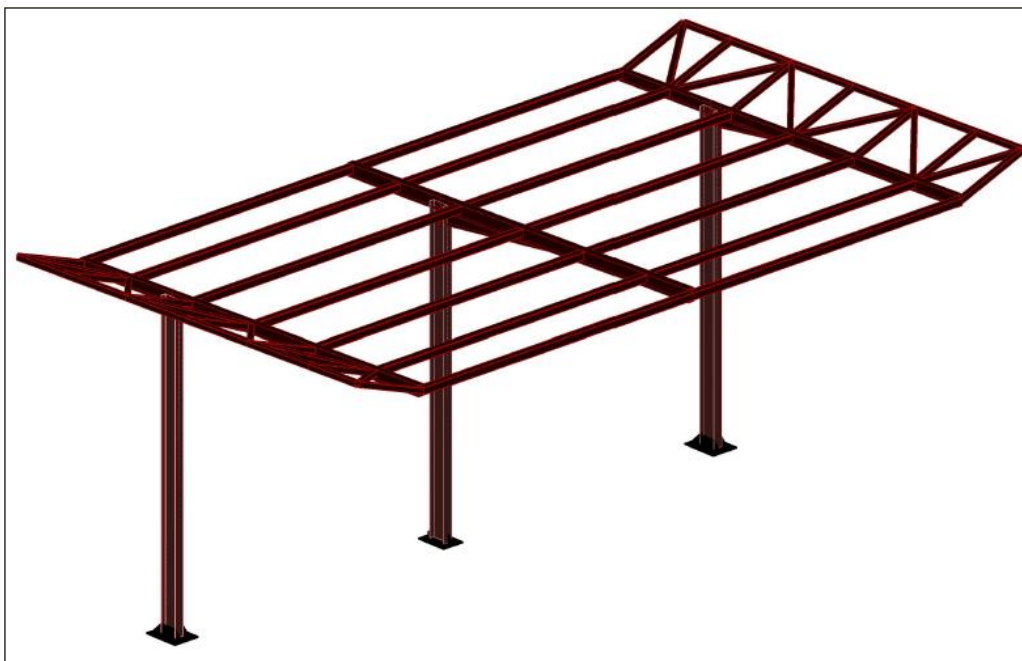


Figura 2. Estructura de la estación SIRVE.

Por encima de esta estructura se diseña un cerramiento de chapa de 1,5 mm de espesor, de forma que se asegurase la estanqueidad y así poder albergar tanto la instalación fotovoltaica como el sistema de iluminación con total seguridad.

También las columnas están provistas de una envolvente de la misma chapa que se ha utilizado en el tejado, figura 4, con lo que se consigue un buen acabado y además sirve de protección de la estructura de las columnas.

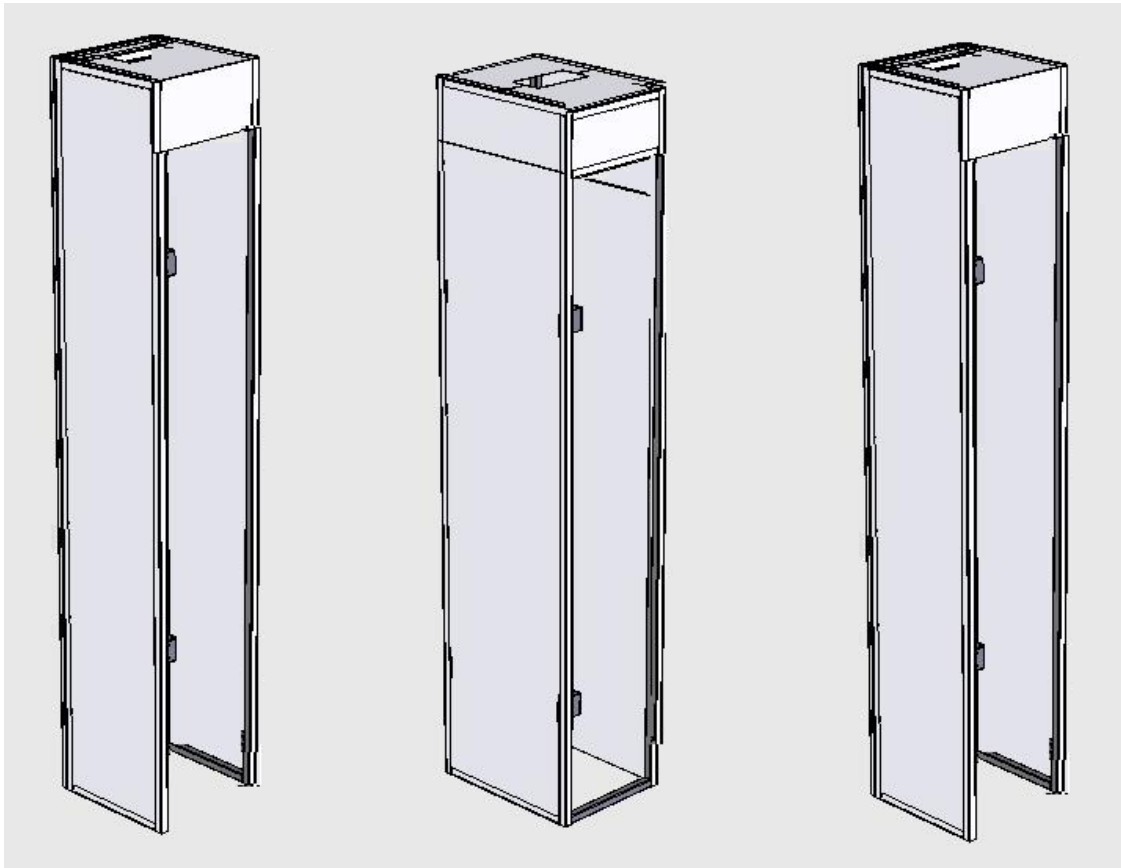


Figura 3. Forraje de las columnas.

Una vez determinada la estructura y su envolvente se pasa a definir cada uno de los módulos que albergarán la electrónica necesaria para dar servicio a la recarga de vehículos eléctricos. El primer paso es determinar la estructura que los tótems necesitan para poder soportar el peso de la envolvente, la estructura calculada es la que se muestra en la figura 14.

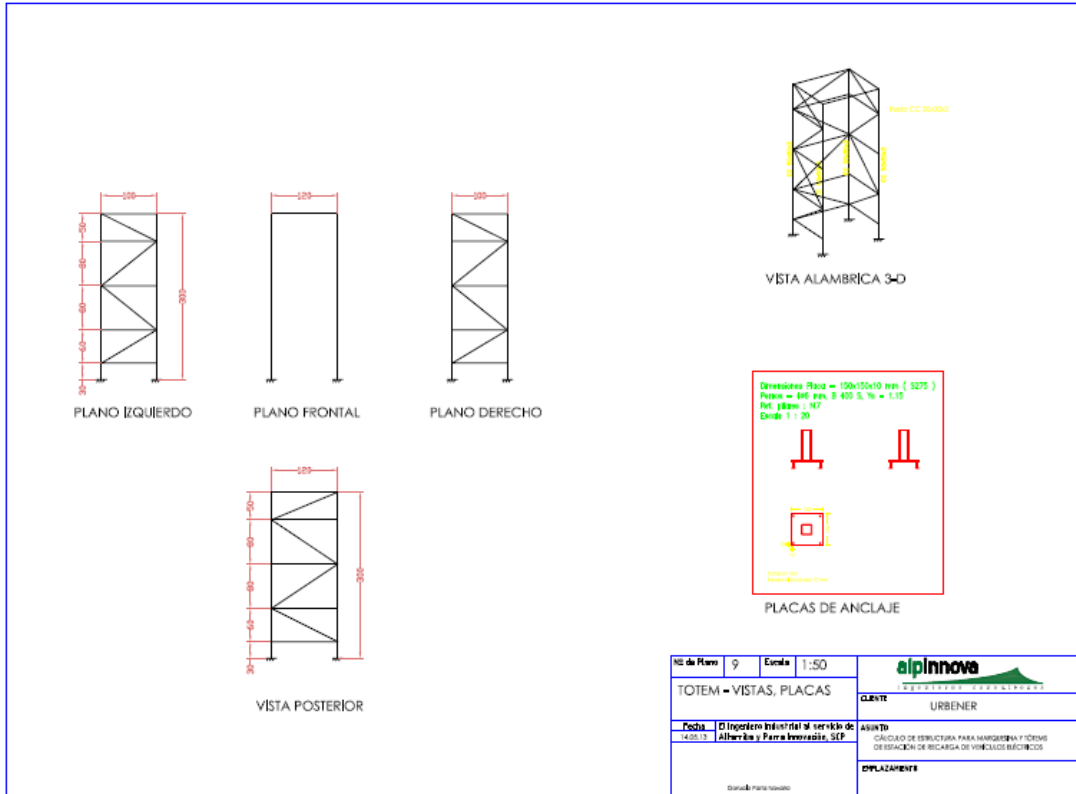


Figura 4. Estructura y cimentación de los tótems.

Se presenta un 3D de cada uno de los tótems que forma la estación con el fin de poder apreciar las singularidades de cada uno de ellos.

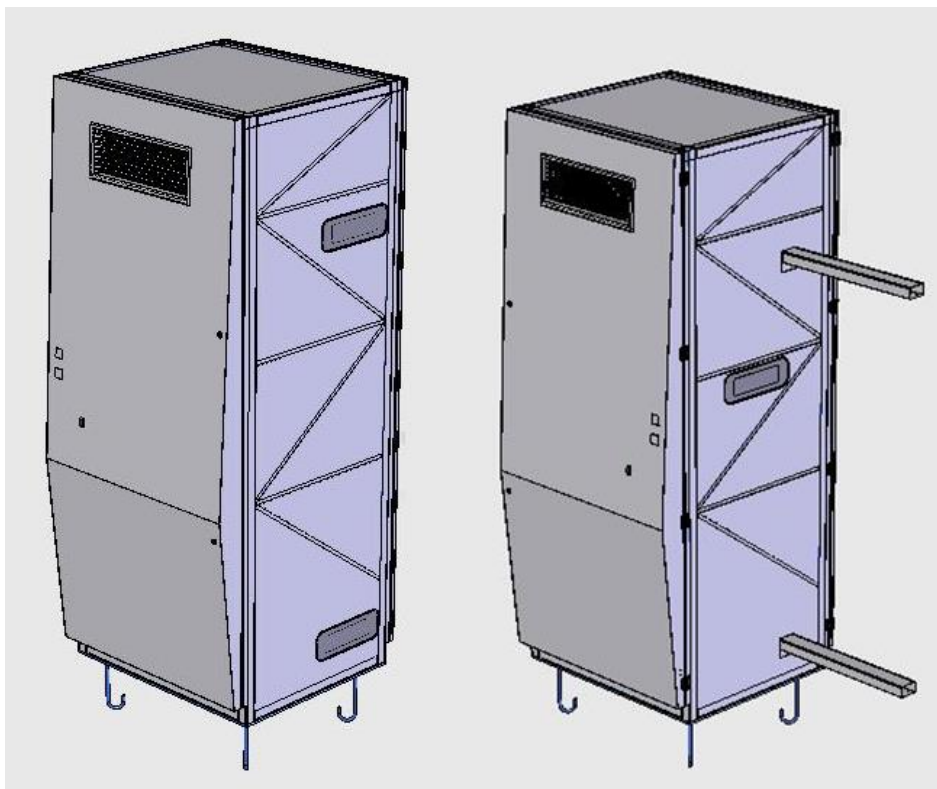


Figura 5. Modelo 3D de los tótems que albergarán el sistema de almacenamiento y el regulador de carga de baterías respectivamente.

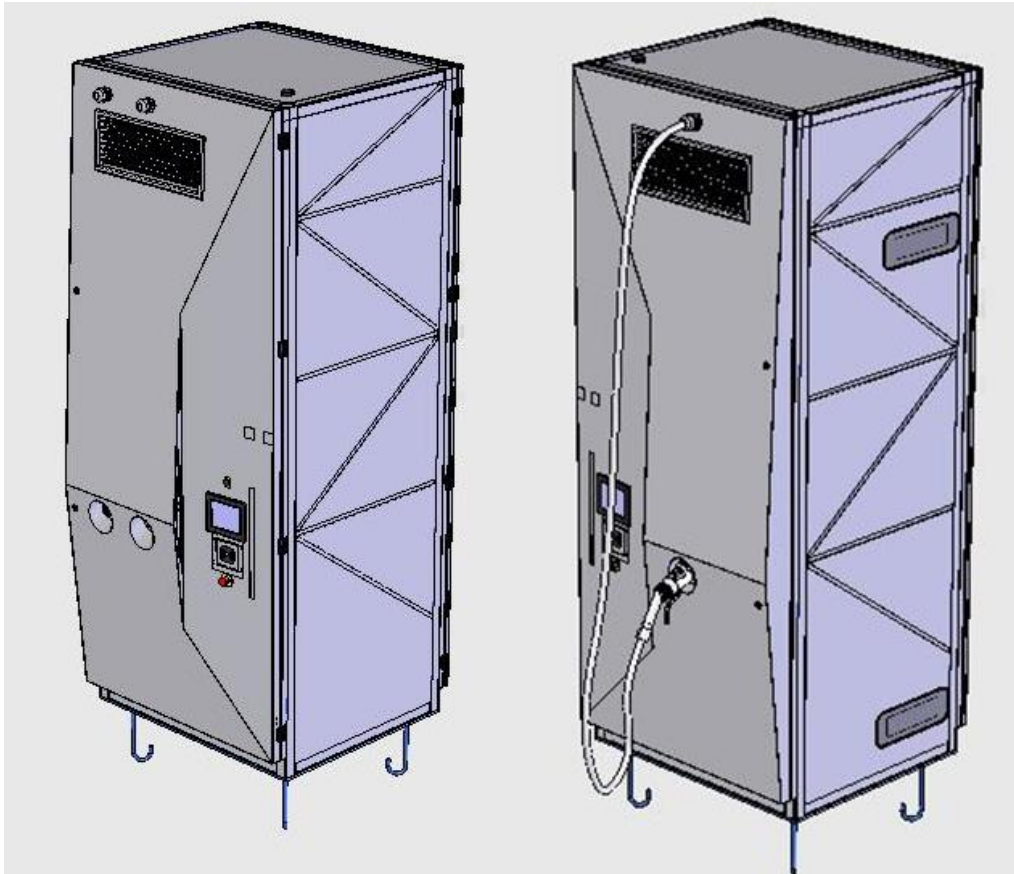


Figura 6. Modelo 3D de los tótems que albergarán el sistema de carga lenta y moderada y el sistema de carga rápida respectivamente.

2. ACCIONES PREVISTAS EN EL CÁLCULO

En la evaluación de acciones para determinar el comportamiento estructural del edificio que se presenta, se han tenido en cuenta la normativa CTE DB-SE, "Acciones en la edificación", así como la normativa NCSE-02, "Norma de Construcción Sismorresistente".

En base a ellas, se han evaluado las acciones gravitatorias, las sobrecargas de uso, de nieve, así como las acciones derivadas del viento, del sismo, de la temperatura y de la inestabilidad de los materiales (acciones geológicas). Cada una de ellas se detalla a continuación.

Acciones gravitatorias

Las acciones gravitatorias son las producidas por el peso de los elementos constructivos, de los objetos que puedan actuar por razón de uso y de la nieve depositada sobre las cubiertas. Dichas acciones se pueden clasificar en dos tipos diferentes, las primeras, a las que en lo sucesivo se denominará como cargas, se dividen en:

- a) **Peso propio.**
- b) **Carga permanente.**

Las segundas están compuestas por tres tipologías distintas de acción:

- a) **Sobrecargas superficiales.**
- b) **Sobrecargas lineales.**
- c) **Sobrecargas aisladas.**

Acciones del viento

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, que puede expresarse como:

$$q_e = q_b * c_e * c_p$$

siendo:

q_b la presión dinámica del viento. De forma aproximada, para cualquier punto del territorio español, su valor puede ser de 0,5 kN/m².

c_e el coeficiente de exposición. Este coeficiente varía con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

c_p el coeficiente eólico o de presión. Dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie, un valor negativo indica succión.

Acciones sísmicas

En la determinación de las acciones sísmicas se ha considerado la normativa NCSE-02, "Norma de Construcción Sismorresistente". Dicha norma establece una clasificación de los edificios según el destino de la obra.

3. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

Se ha adoptado el método de los E.L.U. (Estados Límites Últimos) de forma que en cualquier situación se cumple:

$$S_d * R_d$$

Siendo:

S_d , Efecto de las fuerzas aplicadas.

R_d , Respuesta estructural.

El valor de cálculo de las acciones se define por el obtenido como producto del valor representativo por un coeficiente parcial de seguridad.

$$F_d = \gamma_f * \psi_j * F_k$$

Siendo:

F_d , Valor de cálculo de la acción F.

γ_f , Coeficiente parcial de seguridad de la acción considerada.

Estados límites últimos

Para cada situación se establecen unas posibles combinaciones de acciones, que consiste en un conjunto de acciones compatibles que se consideran actuando simultáneamente para una comprobación determinada. Cada combinación, en general, está formada por las acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones variables concomitantes.

- Situación persistente o transitoria
 - a) Situación con una acción variable $Q_{k,1}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

- b) Situaciones con dos o más acciones variables.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} 0.9 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones sísmicas

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{A} A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} 0.8 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Siendo:

$G_{k,j}$, Valor característico de las acciones permanentes.

$Q_{k,1}$, Valor característico de la acción variable determinante.

$Q_{k,i}$, Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.

$A_{E,k}$, Valor característico de la acción sísmica.

Estados límites de servicio

Para estos Estados Límite se considera únicamente las situaciones de proyecto persistentes y transitorias. En estos casos, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Combinación poco probable o frecuente
 - a) Situaciones con una sola acción variable $Q_{k,1}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

- b) Situaciones con dos o más acciones variables $Q_{k,i}$

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} 0.9 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

- Combinación cuasipermanente

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + 0.6 \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Estados límite de deformación

Se comprueban las deformaciones de los elementos estructurales en función de las características de los materiales, acciones, geometría, armado, condiciones de vinculación y puesta de obra. Por todo ello, la estimación de las deformaciones es compleja y la evaluación, por tanto aproximada, un error del 20% lo consideraremos aceptable.

La EHE 08 establece como valor límite para la flecha total $L/250$ y para evitar la fisuración de la tabiquería se define como valor límite para la flecha activa, en términos relativos a la longitud del elemento $L/400$, en todo caso añade la Instrucción, por los valores existentes en bibliografía obtenidas en casos reales de patología, se indica que para evitar problemas de fisuración en tabiquería, la flecha activa no debe ser superior a 1cm.

4. METODOS DE CÁLCULO

Para la determinación de esfuerzos en los distintos elementos estructurales se utilizan los postulados básicos de la elasticidad y la resistencia de materiales, aplicándolos de forma diversa y a través de distintas metodologías, en función del elemento o elementos a analizar.

Por otro lado, para la comprobación de secciones de hormigón, se utilizan las bases del cálculo en rotura, considerando el trabajo en régimen anelástico del material, contemplando de este modo la fisuración por tracción y la elasto-plasticidad en compresión. Para la comprobación de las secciones de acero, se utilizan generalmente las bases de cálculo elástico, aunque en ocasiones, se contemplan puntualmente las consideraciones del cálculo elástico no lineal y el cálculo elasto-plástico.

Estructuras de barras

Su análisis se lleva a cabo mediante el cálculo matricial de estructuras, aplicado tanto a estructuras planas como espaciales. El método matricial se basa en estimar los componentes de las relaciones de rigidez para resolver las fuerzas o los desplazamientos mediante métodos computacionales.

Armado de secciones de hormigón armado

El armado de secciones de hormigón se realiza en rotura, considerando el diagrama σ - ϵ (tensión-deformación) que se detalla en la presente memoria.

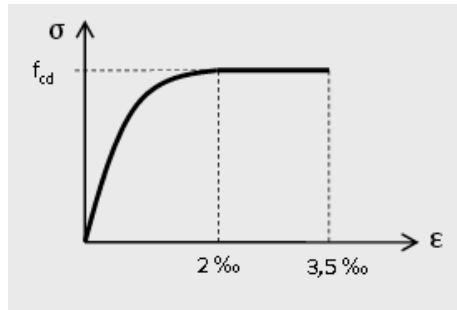


Figura 7. Diagrama de cálculo del hormigón en rotura.

Mediante esta metodología se analizan casos de flexión simple recta y esviada, flexo-compresión recta y esviada, compresión compuesta recta y esviada y tracción compuesta recta o esviada, a través de la determinación del plano de deformaciones y planteamiento de las ecuaciones de equilibrio interno.

Para la comprobación a esfuerzos rasantes, tipo cortante o momento torsor, se utilizan las consideraciones de la Normativa EHE-02.

Zapatas

En consistencia con la EHE y CTE DB SE-C, se distingue entre zapatas rígidas y flexibles

Criterios de dimensionado

Los criterios utilizados para el dimensionado de todos y cada uno de los elementos que configuran la estructura del edificio se han basado en observar el cumplimiento de dos requisitos básicos, a saber, el que se refiere a los estados límite últimos por un lado y el de satisfacer los estados límite últimos de utilización por el otro.

5. VERIFICACIONES EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

Se requieren dos tipos de verificaciones, las relativas a:

- a) La estabilidad y la resistencia (estados límite últimos).
- b) La aptitud para el servicio (estados límite de servicio).

Modelado y análisis

El análisis estructural se basa en modelos adecuados del edificio. Se consideran los incrementos producidos en los esfuerzos por causa de las deformaciones (efectos de 2º orden) allí donde no resulten despreciables. No se comprueba la seguridad frente a fatiga en estructuras normales ya que no está sometida a cargas variables repetidas de carácter dinámico.

Estados límites últimos

Se aplican coeficientes parciales de seguridad para determinar la resistencia. Para los coeficientes parciales para la resistencia se adoptan, normalmente, los siguientes valores:

- $\gamma_{M0} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.
- $\gamma_{M1} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad.
- $\gamma_{M2} = 1,25$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión.
- $\gamma_{M3} = 1,1$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio.
- $\gamma_{M3} = 1,25$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Último.
- $\gamma_{M3} = 1,4$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.

Estados límites de servicio

Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o el deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para el mismo de acuerdo a DB SE 4.3.

Durabilidad

Es necesario prever la corrosión del acero mediante una estrategia global que considere en forma jerárquica al edificio en su conjunto (situación, uso, etc.), la estructura (exposición, ventilación, etc.), los elementos (materiales, tipos de sección, etc.).

Materiales

Los aceros considerados son los establecidos en la norma UNE EN 10025 (Productos laminados en caliente de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general) en cada una de las partes que la componen, cuyas características se muestran en la tabla 1. También se contemplan los aceros establecidos por las normas UNE-EN 10210-1:1994 relativa a Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado de grano fino y en la UNE-EN 10219-1:1998, relativa a secciones huecas de acero estructural conformado en frío.

Tornillos y arandelas

En la tabla 3 se resumen las características mecánicas mínimas de los aceros de los tornillos de calidades normalizadas en la normativa ISO.

Clase	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Tensión de límite elástico f_y (N/mm ²)	240	300	480	640	900
Tensión de rotura f_u (N/mm ²)	400	500	600	800	1000

Tabla 1. Características mecánicas de los aceros de los tornillos, tuercas y arandelas.

Materiales de aportación

Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. Las calidades de los materiales de aportación ajustadas a la norma UNE-EN ISO 14555:1999 se consideran aceptables.

Resistencia de cálculo

Se define resistencia de cálculo, f_{yd} , al cociente de la tensión de límite elástico y el coeficiente de seguridad del material:

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M$$

siendo:

f_y , tensión del límite elástico del material base (tabla 4.1). No se considera el efecto de endurecimiento derivado del conformado en frío o de cualquier otra operación.

γ_M , coeficiente parcial de seguridad del material

En las comprobaciones de resistencia última del material o la sección, se adopta como resistencia de cálculo el valor siguiente:

$$f_{ud} = f_u / \gamma_{M2}$$

siendo:

γ_{M2} , coeficiente de seguridad para resistencia última.

Análisis estructural

En general, la comprobación ante cada estado límite se realiza en dos fases: determinación de los efectos de las acciones, o análisis (esfuerzos y desplazamientos de la estructura) y comparación con la correspondiente limitación, o verificación (resistencias y flechas o vibraciones admisibles respectivamente).

MODELOS DE COMPOTAMIENTO ESTRUCTURAL

ESTABILIDAD LATERAL GLOBAL

Estados límite últimos

La comprobación frente a los estados límites últimos supone el análisis y la verificación ordenada de la resistencia de las secciones, de las barras y de las uniones. Aunque en el caso de las clases 1 y 2 es una opción holgadamente segura, es admisible utilizar en cualquier caso criterios de comprobación basados en distribuciones elásticas de tensiones, siempre que en ningún punto de la sección, las tensiones de cálculo, combinadas conforme al criterio de plastificación de Von Mises, superen la resistencia de cálculo. En un punto de una chapa sometido a un estado plano de tensión sería:

$$\sqrt{\sigma_{xd}^2 + \sigma_{zd}^2 - \sigma_{xd} * \sigma_{zd} + 3 * \tau_{xzd}^2} \leq f_{yd}$$

RESISTENCIA DE LAS SECCIONES

RESISTENCIA DE LAS BARRAS

Estados límite de servicio

Los estados límite de servicio tienen como objeto verificar el cumplimiento de la exigencia básica SE-2: aptitud al servicio.

DEFORMACIONES, FLECHA Y DESPLOME

VIBRACIONES

DESLIZAMIENTO DE UNIONES

Uniones

BASES DE CÁLCULO

CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

Rigidez

Se podrá establecer la rigidez de una unión mediante ensayos o a partir de experiencia previa contrastada, aunque en general se calculará a partir de la flexibilidad de sus componentes básicos, determinada mediante ensayos previos.

CLASIFICACION DE LAS UNIONES POR RIGIDEZ

- Nominalmente articuladas
- Rígidas.
- Semirrígidas.

Resistencia

La resistencia última de una unión se determina a partir de las resistencias de los elementos que componen dicha unión.

CLASIFICACION DE LAS UNIONES POR RESISTENCIA

- Nominalmente articuladas
- Totalmente resistentes (o de resistencia completa).
- Parcialmente resistentes.

Resistencia de los medios de unión. Uniones atornilladas.

La situación de los tornillos en la unión debe contribuir a reducir la posibilidad de corrosión y pandeo local de las chapas, así como contemplar las necesidades de montaje e inspecciones futuras.

Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Los elementos a unir deben tener al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo.

Soldadura a tope.

6. MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

Estructuras de hormigón

Las partes de la estructura constituidas por hormigón armado deberán someterse también a un programa de mantenimiento, muy parecido al detallado para la estructura metálica, puesto que el mayor número de patologías del hormigón armado provienen o se manifiestan al iniciarse el proceso de corrosión de sus armaduras. De este modo será necesario observar el siguiente programa de mantenimiento:

- **La estructura está en un ambiente.**
- **La estructura está en un ambiente IIa, IIb o con ataques al acero del tipo Qa o Qb.**
- **La estructura está en un ambiente IIIa, IIIb, IIIc, IV o con ataques al acero del tipo Qc.**

Estructuras de acero

La propiedad deberá conservar en su poder la documentación técnica relativa a los elementos realizados, en la que figurarán las solicitudes para las que han sido previstos.

7. NORMATIVA APLICADA

ACCIONES	CTE-AE
Gravitatorias:	CTE-AE
Retracción:	CTE-AE
Térmicas:	CTE-AE
Viento:	CTE-AE
Sismorresistentes:	NCSE-02

Hormigón: EHE-08
Acero: CTE-EA
NTE: donde sean de aplicación.