ASTECA estructuras	MEMORIA DESCRIPTIVA SISTEMA “NUCLOS”
ASTECA ESTRUCTURAS S.A.	

ÍNDICE

1. GENERALIDADES 2

2. TIPO DE ESTRUCTURA “SISTEMA NUCLOS” 2

3. ESTRUCTURA COMPLEMENTARIA 3

4. MATERIALES 3

5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES 5

5.1. Esferas 5

5.2. Tubo 5

5.3. Platillos 6

5.4. Tornillos 6

5.5. Correas 7

6. PROCESO DE CALCULO 7

7. FABRICACION 8

8. ACABADO SUPERFICIAL 9

9. MONTAJE - ELEVACION 9

9.1. General 9

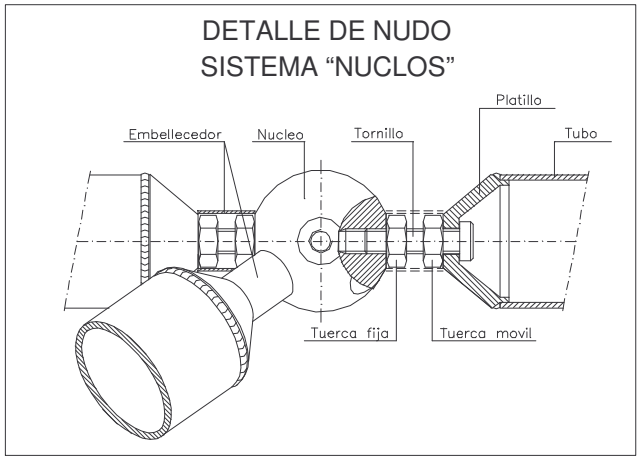
9.2. Particular 10

1. GENERALIDADES

El recinto se cubre mediante un sistema estructural de Malla Espacial que permite adaptarse al diseño de arquitectura distribuyendo los esfuerzos uniformemente. El alto grado de hiperestaticidad de la Malla Espacial conlleva una gran seguridad de la estructura.
Se ha escogido el sistema “NUCLOS” considerando criterios de calidad, experiencia y precio.

2. TIPO DE ESTRUCTURA “SISTEMA NUCLOS”

La estructura es una malla espacial semioctaédrica de doble capa, formada por nudos esféricos y barras tubulares atornilladas a los nudos.



Los nudos están constituidos por esferas monopieza de acero forjado dotados de orificios roscados en las direcciones de acceso de las barras para la conexión de las mismas. El tamaño es el adecuado para resistir los esfuerzos máximos que actúan sobre ellos.

Las barras están formadas por tubos de sección circular preferentemente de calidad S275JR, estando dotadas en sus extremos de los correspondientes terminales, constituidos por:

- Platillo troncocónico con orificio pasante de acero F-112, soldado al tubo en taller.

- Tornillo de alta resistencia con protección anticorrosiva de dacrometizado.

- Dos tuercas de la misma calidad y protección que los tornillos, una fijada al tornillo y la otra móvil.

- Cubrejuntas embellecedor en material plástico.

Tanto los soldadores como el procedimiento de soldadura estarán homologados según ASME9.

La medida de la barra queda definida por la distancia existente entre las dos tuercas fijas de cada uno de los extremos de la barra, cuando las tuercas libres de cada extremo son roscadas contra los casquillos troncocónicos.

El sistema de unión permite cambiar cualquier barra de la estructura aún estando en su posición definitiva, accionando las tuercas en sentido inverso, consiguiendo de esta manera que el tornillo se retraiga hacia el interior de la barra dejando la misma libre para proceder a su sustitución por otra si fuese necesario.

Este sistema constructivo garantiza la correspondencia entre las solicitaciones determinadas por el cálculo y las que se producen realmente en la estructura, ya que la unión de las barras a las esferas se comporta en la práctica como una articulación, debido a la gran diferencia entre las rigideces axial y flexional de los tornillos, de modo que las barras de la estructura están sometidas únicamente a esfuerzos de tracción o compresión.

3. ESTRUCTURA COMPLEMENTARIA

La estructura complementaria está formada por perfiles laminados en frío de calidad Ac. S235JR ó Ac.S275JR.

Toda la estructura está compuesta por correas de cubierta y suplementos para la sujeción de las correas (pies verticales).

Toda esta estructura se montará preferentemente mediante tornillería, soldando en obra solamente unas pocas uniones.

4. MATERIALES

Componentes normalizados

Se adjunta a continuación información concreta del nudo y de los elementos normalizados que lo constituyen.

En primer lugar se describen los principales elementos que lo componen: esfera, tornillo, platillos y tubo.

El material a emplear en las esferas es una consecuencia de la geometría particular del sistema estructural y en particular de la proporción de dimensiones, diámetro de tornillo y longitud de roscado del mismo en la esfera.

Tras numerosos ensayos experimentales se ha llegado a la conclusión de la combinación más conveniente de los materiales de ambos elementos, tornillo y esfera.

En cuanto a la proporción de dimensiones que se corresponden, el tamaño tipo de la esfera para un determinado tornillo en las gamas bajas de éstos, es el que permitiendo la total profundización del roscado, evita las posibles interferencias entre tornillos y tuercas de barras contiguas (con un ángulo espacial mínimo de 45º). Esto es compatible con el mantenimiento de la capacidad resistente del tornillo sobre la esfera y sin mermar dicha característica, aspecto que se ha constatado no sólo desde una perspectiva teórica, sino también experimentalmente. En los casos de los tornillos más altos de la escala, la limitación geométrica de ángulo mínimo entre barras contiguas para la esfera correspondiente se ha incrementado ligeramente al determinar el diámetro de aquella. En todos los casos existe una relación del tamaño de esfera normal correspondiente con el tornillo de la barra máxima concurrente en cada nudo de la estructura. Excepcionalmente, cuando los tornillos máximos que acceden al nudo son claramente superiores a los restantes y de no existir problemas geométricos ni resistentes, esta relación tornillo-esfera puede ser modificada, pero en ningún caso, la esfera mínima de un nudo en el que concurre un determinado tornillo, asignado por el esfuerzo máximo mayorado, podrá ser inferior de la que se estipula en el cuadro 1.

El dimensionado de los tubos que se emplean en cada obra se calcula en función de la tensión a que están sometidos. Esta tensión es siempre inferior al límite elástico del material.

La capacidad a compresión queda reducida de forma variable en función de la longitud, por efecto del pandeo. Pueden utilizarse perfiles superiores en caso de que las solicitaciones lo exijan.

CUADRO Nº 1		
Esferas mínimas para cada tornillo		
METRICA	**CARGA MAXIMA MAYORADA**	**DIAMETRO MINIMO DE ESFERA**
M14	7.500	Ø 80
M20	16.200	Ø 80
M27	30.700	Ø 100
M36	54.425	Ø 134
M42	75.425	Ø 160
M52	120.000	Ø 200
M60	161.125	Ø 200
M68	209.000	Ø 240
M80x6	300.000	Ø 300
M90x6	386.000	Ø 360
M100x6	486.000	Ø 360

5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

5.1. Esferas

Acero al carbono F-1140 según UNE-36011 (similar a AISI 1040 ó 1045, y al acero CK-45 según normas DIN).

- Composición química (en %)
  C: 0,4 a 0,5
  Mn: 0,5 a 0,8
  Si: 0,15 a 0,4
  P: < 0,035
  S: < 0,035

- Propiedades mecánicas

	F-1140
Carga de rotura mínima (Kg/mm2)	62
Limite elástico mínimo	35
Alargamiento mínimo (%)	14

5.2. Tubo

Normalmente se emplea tubo conformado en frío con soldadura longitudinal. Son tubos de fácil soldabilidad y cumplen las especificaciones descritas por la norma española NBE EA95. Las calidades empleadas ordinariamente son S235JR y S275JR y con menor frecuencia S355J0, según UNE-EN10025. Su equivalencia con otra normativa es aproximadamente la de las calidad ST37-2, RST 44,2 y ST52-3, según DIN 17100.

- Propiedades mecánicas

	S235JR	S275JR	S355J0
Carga de rotura (Kg/mm^2)	37 a 45	44 a 58	57 a 62
Límite elástico mínimo (Kg/mm^2)	24	28	36
Alargamiento mínimo (%)	26	24	22

5.3. Platillos

Ordinariamente se obtienen por forja a partir de acero soldable F-1120, según UNE 36011 (Equivalencias aproximadas: AISI 1035 ó CK s/DIN).

En ocasiones se obtiene por mecanización a partir de barra, empleándose el mismo material. En cualquier caso el taladro y el chaflán de soldadura se mecanizan para entrar en tolerancias.

- Composición química (en %):
  C: 0,2 a 0,3
  Mn: 0,5 a 0,8
  Si: 0,15 a 0,4
  P: < 0,035
  S: < 0,035

- Propiedades mecánicas del material:

  Carga mínima de rotura: 50 Kg/mm^2
  Límite elástico mínimo: 30 kg/mm^2
  Alargamiento mínimo. 20%

5.4. Tornillos

Se obtienen a partir de acero F-1250, según UNE 36012 (equivalente al 34 CrMo 4 según Din 17200 ó al AISI 4340). Llevan un tratamiento de temple con revenido alto para garantizar una mayor tenacidad del material, sin apurar la capacidad del mismo.

. Composición química (en %):

C: 0,32 a 0,38
Mn: 0,6 a 0,9
Si: 0,15 a 0,4
Cr: 0,85 a 1,15
Mo: 0,15 a 0,25
P: < 0,035
S: < 0,035

. Propiedades mecánicas exigidas al tornillo tratado:

Carga de rotura: 100 a 130 Kg/mm2
Límite elástico: 90 a 100 Kg/mm2
Alargamiento mínimo: 10%

5.5. Correas

Normalmente se emplean perfiles conformados en frío y cumplen las especificaciones descritas por la norma española NBE EA-95. Las calidades empleadas ordinariamente son S235JR y S275JR, según UNE-EN10025. Su equivalencia con otra normativa es aproximadamente la de las calidades ST37-2 y ST 44-2, según DIN 17100.

- Propiedades mecánicas

	S235JR	**S275JR**
Carga de rotura (Kg/mm2)	37 a 45	44 a 58
Límite elástico mínimo (Kg/mm2)	24	28
Alargamiento mínimo (%)	26	24

6. PROCESO DE CALCULO

El cálculo de la estructura se realiza por ordenador mediante un programa propio, realizado en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de San Sebastián, especialmente diseñado para el cálculo de celosías espaciales.

El programa de cálculo está basado en las siguientes hipótesis:

- Pequeñas deformaciones en la estructura.
- Material homogéneo isótropo y elástico-lineal.
- Nudos articulados.

El proceso de cálculo se realiza como se describe a continuación:

- Lectura de los datos de nudos y barras.
  Nudos: coordenadas x, y, z.
  Barra: nudos que une, sección, radio de giro.

- Formación de la matriz de rigidez (Matriz banda)

- Introducción de nudos ligados y consiguiente modificación de la matriz de rigidez.

- Introducción de las cargas que actúan sobre cada nudo de la estructura en cada hipótesis de carga.

- Resolución del sistema de ecuaciones por el método de Cholesky. Obtención de desplazamientos.

Para detectar errores en el diseño de la estructura, se ha incluido un test en el método de Cholesky para verificar si la matriz de rigidez de la estructura es positivo definida.

- Obtención de tensiones y esfuerzos sobre las barras a partir de los desplazamientos, en las barras que trabajan a compresión se tiene en cuenta el correspondiente coeficiente de pandeo.

- Obtención de las reacciones en los apoyos.

- Comprobación de tensiones y redimensionamiento de barras.

El proceso de cálculo se repite hasta conseguir que todas las barras de la estructura trabajen por debajo del límite elástico del acero S275JR (2800 Kg/cm^2), con un óptimo aprovechamiento del material.

Los coeficientes de pandeo utilizados son los obtenidos a partir de la curva de pandeo “b” incluida en el Eurocódigo III.

7. FABRICACION

Los componentes según la descripción ya realizada son suministrados a través de la industria especializada (tubo, tornillos, tuercas, etc...) pasándose una vez realizado el suministro a las distintas operaciones del proceso de fabricación.

El proceso de fabricación se puede dividir según las líneas de:

- Barras:
  - Cortado
  - Montaje y soldadura de los terminales
  - Pintado (preparación de la superficie)
  - Paletización y transporte

- Esferas:
  - Mecanización
  - Pintado (preparación de la superficie)
  - Encajonamiento y transporte

- Estructura complementaria:
  - Cortado
  - Punzonado
  - Pintado (preparación de la superficie)
  - Flejado y transporte

8. ACABADO SUPERFICIAL

Tanto la estructura de malla espacial como la estructura complementaria, van pintadas en poliéster polimerizado al horno, con un espesor medio de 80 micras.

El proceso de pintado parte de un desengrasado (decapado), fosfatado, posterior aclarado y secado de las piezas para, a continuación, en cámara y por robot, proceder al impregnado electrostático de las partículas de poliéster en polvo sobre las piezas, estas piezas se introducen en el horno donde se polimerizan las partículas en polvo y luego se enfrían a temperatura ambiente, procediéndose a continuación a su paletización para el transporte.

En casos en los que la estructura se coloque en el exterior o vaya a estar sometida a cierta agresión (piscinas) la malla espacial puede recibir desde un tratamiento de Pintura rica en zinc hasta un tratamiento de Metalización. En cualquiera de los tratamientos elegidos, posteriormente se aplica un acabado de poliéster polimerizado al horno. La Metalización consiste en chorrear la pieza a grado 2' ½ de escala sueca para posteriormente aplicarle zinc líquido mediante pistola por hilo de fusión con espesores mínimos de 40 μ. Para la estructura complementaria, se parte de material Galvanizado electrolíticamente, previo al acabado de poliéster polimerizado al horno.

9. MONTAJE - ELEVACION

9.1. General

Los elementos que se suministran desde taller son:

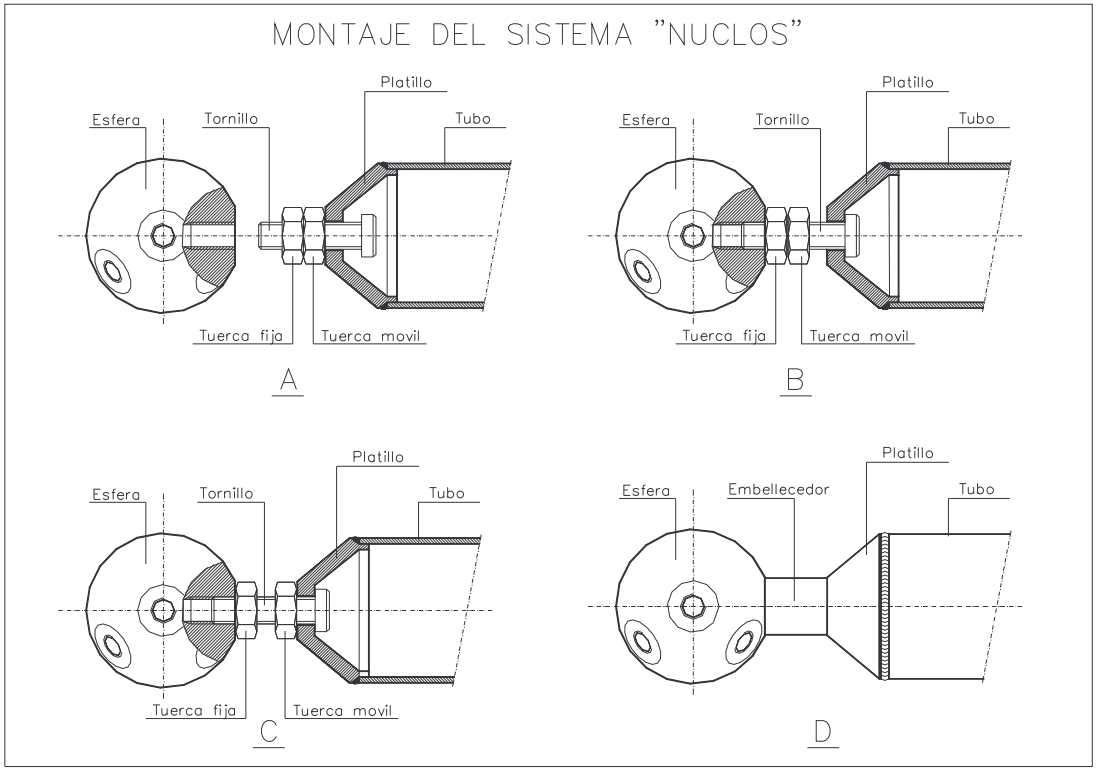
- Las esferas
- las barras (con sus terminales ya fijados)
- Los cubrejuntas
- la estructura complementaria

Los únicos trabajos necesarios en obra para dejar la estructura en su posición definitiva son:

- El ensamblaje
- La elevación

El ensamblaje se realizará en el suelo por simple atornillado de los extremos de la barra (terminales) a los nuclos o esferas, según el siguiente proceso:

Desde la posición inicial (A), se rosca el penetrador al nudo mediante el efecto tuerca-contratuerca y se desplaza la tuerca móvil en sentido contrario hasta el platillo (C). Por último, se introduce lateralmente el embellecedor o cubrejuntas (D).



Se realizará una comprobación visual de que cada esfera y cada barra estén colocadas en la posición debidamente indicada en los planos de montaje.

En todas las uniones antes de colocar el correspondiente cubrejuntas se comprobará que las tuercas se hallan correctamente apretadas.

Se comprobará por ordenador que cada subtramo en que se divide la estructura se halla debidamente dimensionado para soportar todas y cada una de las maniobras de elevación y posicionamiento parcial requeridas.

Una vez ensamblada la estructura en el suelo (varias partes), se eleva mediante grúas a su posición definitiva.

9.2. Particular

Las situaciones más comúnmente consideradas para el montaje son “in situ”, es decir, en su proyección en planta con los mínimos desplazamientos necesarios para librar los pilares y poder ubicar perfectamente las grúas sobre camión necesarias para la elevación, lo cual supone que la obra civil se encontrará realizada sólo en lo que a pilares se refiere.

Por otra parte, la superficie de montaje y el terreno circundante a todos los recintos debe encontrarse libre de obstáculos permitiendo la accesibilidad y maniobrabilidad para las grúas de elevación tanto en el exterior como en el interior del recinto.

Otras situaciones que se consideran son con andamios a su cota final de apoyo, cuando el acceso y maniobrabilidad de las grúas sobre camión está totalmente impedido.