## ANEXO TÉCNICO DE TORRES

# Televes®

#### **OBSERVACIÓN MUY IMPORTANTE**

Las instalaciones de torretas deberán ser calculadas y ejecutadas sólo por profesionales especializados y bajo su propia responsabilidad. Las recomendaciones que se dan en este documento son a título indicativo y los datos facilitados no comprometen en ningún caso la responsabilidad del fabricante, que sólo garantiza sus propios fabricados siempre y cuando éstos se utilicen en las condiciones normales de uso.

Será preciso realizar un proyecto de instalación de la torre para cada emplazamiento concreto, en el que deberán reconsiderarse tanto las solicitaciones particulares como el cálculo de la cimentación de acuerdo con el estudio geotécnico correspondiente.

Las torres deberán ser montadas por personal competente, utilizando todos los medios de protección obligatorios para salvaguardar la seguridad en trabajos verticales.

## **Presentación**

Televes, S.A. ha fabricado pequeñas torres para antenas desde hace mas de 25 años.

En el año 2001 realiza la primera torre de 81m de la serie 600 para prospecciones eólicas.

En una posterior modificación ya se alcanzaron los 102m de altitud con la misma gama de producto. Por aquel entonces ya se recurría a la normativa **Americana (TIA/EIA 22-F)** para torres metálicas por estar mas evolucionada que la normativa Europea.

TIA/EIA (Telecommunication Industry Association / Electronic Industry Association) publicó su primer "Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures" en 1949, tras varias revisiones llegamos a la TIA / EIA 222-G de 2006.

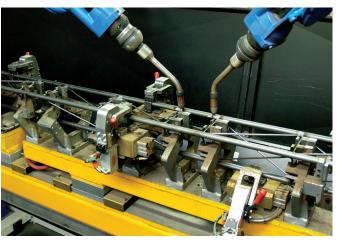
En Estados Unidos existe una gran experiencia en este tipo de estructuras, no en vano la torre arriostrada mas alta del mundo está situada en Dakota del Norte y alcanza la altura de 628,8 m.



#### Que nuevos valores aportamos...

#### Seguridad y plazo de entrega

Se ha conseguido un proceso de fabricación de forma automatizado mediante una cadena de montaje con robots. De este modo incrementamos la fiabilidad en el ensamblaje y una redución considerable en los tiempos de espera del cliente.







## Presentación

#### Durabilidad y calidad de ensamblaje

El nuevo diseño de los tramos en todas las gamas fabricadas 180, 360, 450 y 550 consigue aumentar la resistencia ante las condiciones climáticas más adversas.

El nuevo sistema de racores desmontables mejora:

- ► Tratamiento anticorrosión.
- ▶ Facilidad y rapidez en el montaje.
- Mantenimiento de la torre.



Todos los tramos se transportan embalados para proteger su estructura y las roscas se protegen mediante unas tuercas para envitar problemas de roscado en el montaje.



#### Cálculo rápido y personalizado

El empleo de un nuevo software de cálculo nos permite simular las distintas situaciones y configuraciones planteadas.

Debe tener en cuenta que existen diversos factores que afectaran directamente a la viabilidad del proyecto:

- Velocidad del viento
- Categoría del terreno
- Topografía
- Clase de estructura
- Anclajes de los vientos

De ahi la importancia del cálculo personalizado.

- ▶ Un software de cálculo específico de torres. Este aplica todos los conocimientos y normativas americanas. De este modo se pueden simular todas las condiciones posibles que pueden sufrir las diferentes alturas y modelos de torres.
- Nuevos diseños de montajes autosoportados y modelos en acero inox. con vientos de radio mínimo.

Televés le ofrece la posibilidad de realizar un estudio personalizado de la estructura que dese instalar. En la página 39 tiene disponible el impreso de solicitud de condiciones específicas para torres.





## Normativas aplicadas

En la normativa europea no existe como en USA una norma específica para este tipo de estructuras, por lo que tendremos que referirnos a los Eurocódigos:

- **EN 1990** (Bases para el Cálculo de Estructuras).
- EN 1991 (Acciones en Estructuras).
- EN 1993 (Proyecto de Estructuras de Acero).

Una vez analizadas la normativa TIA 222-G y los Eurocódigos indicamos que en el fondo son muy parecidas. Esto es algo evidente puesto que los comités que las desarrollan estudian lo que ya hay normalizado y la experiencia adquirida por otras asociaciones y países.

Así profundizan cada vez mas a la comprensión y conocimiento tanto de este tipo de estructuras como de las condiciones a las que pueden estar sometidas.

A continuación se presentan las equivalencias entre la norma Americana para torres metálicas TIA222-G y la norma Europea (Eurocódigos) EN 1990, EN 1991 y EN 1993.

#### Velocidad del viento

TIA 222-G. Velocidad básica de viento (Vb):

Es la velocidad de ráfaga durante 3 segundos a 10 m sobre el nivel del suelo en campo abierto con vegetación baja como la hierba y con obstáculos aislados con una separación de la menos 20 veces la altura de los obstáculos (categoría de terreno C), con un período medio de retorno de 50 años.

► EN-1991-14. Velocidad de referencia del viento (Vr):

Es la velocidad media de viento medida durante 10 minutos a 10 m sobre el nivel del suelo en campo abierto con vegetación baja como la hierba y con obstáculos aislados con una separación de la menos 20 veces la altura de los obstáculos (categoría de terreno II), con un período medio de retorno de 50 años.

La diferencia estriba en que la TIA 222-G considera una ráfaga de 3s y el Eurocódigo consideran una media de 10min.

| Tabla de Equivalencia de vientos     |  |  |
|--------------------------------------|--|--|
| TIA 222-G<br>Ráfaga de 3 Seg. (km/h) | Eurocódigos<br>Velocidad Medida 10 Min. (km/h) |  |
| 97                                   | 68   |  |
| 113                                  | 79   |  |
| 129                                  | 90   |  |
| 145                                  | 100  |  |
| 161                                  | 111  |  |
| 177                                  | 122  |  |
| 193                                  | 134  |  |
| 209                                  | 145  |  |
| 225                                  | 156  |  |
| 241                                  | 172  |  |
| 257                                  | 179  |  |
| 274                                  | 190  |  |

<sup>\*</sup> Para convertir km/h a m/s multiplicar por 0,278.

| Velocidades | Norma Americana<br>TIA 222-G | Norma Europea<br>Eurocódigo EN-1991-14 |
|-------------|------------------------------|--|
| Viento 1    | 180 Km/h (Vb)                | 126 Km/h (35 m/s) (Vr)                 |
| Viento 2    | 160 Km/h (Vb)                | 112 Km/h (31,2 m/s) (Vr)               |

<sup>\*</sup> Para calcular otras velocidades se puede interpolar.

En España el viento de referencia (Vr) indicativo por Eurocódigos para España es de entre 24 y 28 m/s, con lo cual las torres de Televés están calculadas con unos valores superiores a los exigidos. Ver mapa.

#### Categoría de Terreno

Define diferentes áreas geográficas en función de lo expuestas que estén al viento.

#### **TIA 222-G**

- B Áreas urbanas y suburbanas, bosques u otros terrenos con numerosas obstrucciones muy cercanas entre ellas como viviendas unifamiliares o mas grandes.
- Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas generalmente inferiores a 9,1m de altitud.

Esta categoría incluye campo abierto, planicies, praderas y costas en regiones propensas a huracanes.

Zonas costeras planas y sin obstáculos, expuestas a vientos del mar abierto, canales. Esta categoría se extiende tierra adentro 200m o 20 veces la altura de la estructura. Planicies saladas deben ser consideradas en esta categoría.

#### EN-1991-14

- Mar abierto, o zona costera expuesta al viento del mar.
- Lagos con al menos 5 Km libre de obstáculos.
- II Granjas con setos, pequeñas estructuras ocasionales, casas o árboles
- iii Áreas suburbanas industriales, bosques permanentes.
- Áreas urbanas con al menos el 15% de su superficie cubierta con edificios de altura media mayor de 15m.

| Tabla de Equivalencias<br>Categoría de Terreno |                       |  |
|--|-----------------------|--|
| TIA 222-G                                      | Eurocódigo EN-1991-14 |  |
| В  | III-IV                |  |
| С  | II                    |  |
| D  | 0-l                   |  |

## Normativas aplicadas

#### Categoría topografica (TIA222-G & EN-1991-14)

- 1 Sin cambios abruptos en la topografía general.
- 2 Estructuras localizadas en o cerca de la cresta o borde de un escarpado.
- 3 Estructuras localizadas en la cima de una colina.
- 4 Estructuras localizadas en las cumbres de montañas o cordilleras.

#### Clase de estructura

Define la importancia y/o peligrosidad potencial de la estructura y aplica diferentes coeficientes de seguridad según el caso.

#### **TIA 222-G**

- Debido a la altura o localización, un eventual colapso representa escaso peligro para las personas o de ocasionar daños materiales y su falta de servicio puede ser aceptable.
- II Cuando su colapso representa un riesgo sustancial.
- Cuando representan un alto riesgo de causar víctimas o daños, y/o su uso es para comunicaciones esenciales.

#### EN-1993-3-1

- 1 Torres y mástiles construidos en sitios inhabitados en campo abierto; torres y mástiles cuyo fallo no causaría normalmente daños personales.
- 2 Todas las torres y mástiles que no se puedan definir como de Clase 1 o de Clase 3.
- 3 Torres y mástiles erigidos en lugares urbanos, o cuando su fallo es susceptible de causar lesiones o pérdidas de la vida; torres y mástiles usados para instalaciones esenciales de telecomunicación; otras estructuras muy importantes cuando las consecuencias posibles del fracaso serían muy altos.

| Tabla de Equivalencias<br>Clase de estructura |                        |  |
|---|------------------------|--|
| TIA 222-G                                     | Eurocódigo EN-1993-3-1 |  |
| I   | 1                      |  |
| II  | 2                      |  |
| III   | 3                      |  |

#### Coeficientes de Seguridad

Televés afirma que sus torres cumplen los coeficientes de seguridad aplicados en la norma TIA 222-G y también en los Eurocódigos.

#### Tensión de los vientos

Siguiendo recomendaciones de los Eurocódigos realizamos todos nuestros cálculos aplicando una pretensión de los vientos de un 10 % de la carga de rotura del cable. Este valor elimina la posibilidad de producirse, sobre la torreta, un efecto negativo de resonancia debido al efecto "galope" del cable.

Aunque si disminuimos esta tensión, evidentemente disminuye la carga sobre la base de la torreta, pudiendo esta soportar más espesor de hielo. Aunque nosotros no recomendamos esta práctica pues la probabilidad de superar 5 mm de espesor de hielo es muy baja, por lo que no es necesario tensar por debajo del 10 %.

#### Software de Cálculo

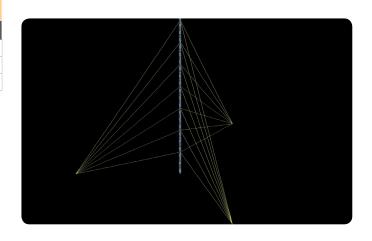
Televés realiza los estudios de todas las torres mediante el avanzado programa de cálculo Americano "RISA TOWERS". Este programa aplica a sus cálculos y simulaciones la normativa TIA/222-G (norma USA), en vigor desde hace más de 60 años.

De este modo se consigue simular las distintas condiciones que se dan a lo largo de la geografía Europea.

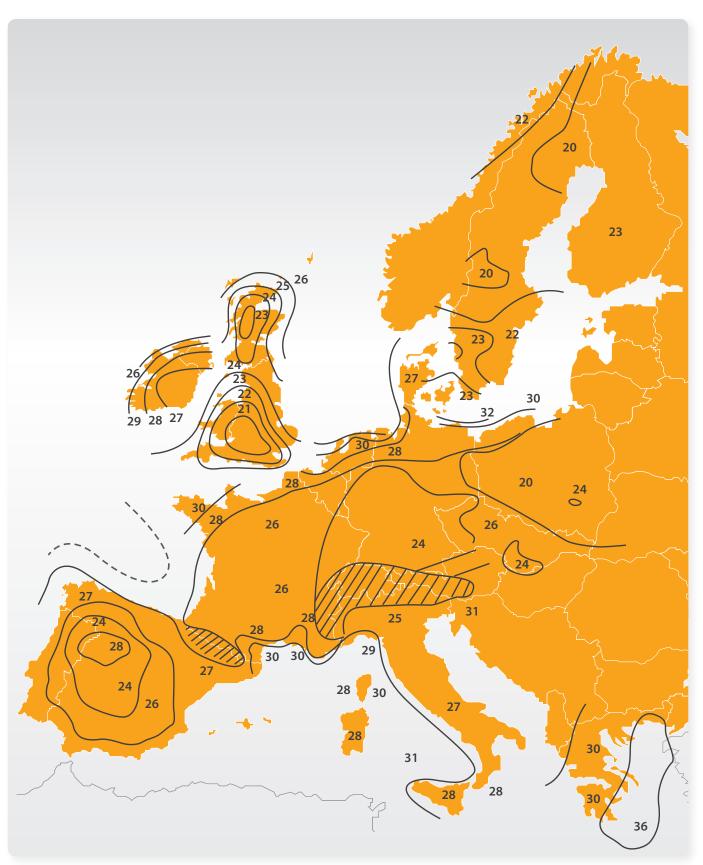
Al realizar el proyecto de cualquier torre siempre debemos tener en cuenta:

- Altura de la torre y el tipo de estructura.
- Velocidad del viento de Referencia en esa zona.
- Categoría topográfica y la categoría del terreno.
- Condiciones de instalación.

Una vez analizados todos estos datos podemos obetener las gráficas de desviación, inclinación, torsión, presión (con o sin hielo), espesor, diagramas de esfuerzos, diagramas de momentos flectores, gráficas de estrés de torre por las distintas caras, capacidad y compresión de las patas, la configuración de las torres y todas sus características técnicas.



# Mapa de Velocidad de Viento de Referencia de Europa



Fuente: Normativa Eurocódigos UNE-ENV 1991-2-4

## Recomendaciones de montaje

#### 1. Emplazamiento

Para cada emplazamiento y altura de torre serán necesarios cálculos específicos que en función de la velocidad básica de viento o viento de referencia así como de la categoría de exposición y categoría topográfica de dicho emplazamiento y si es el caso, también el espesor de hielo atmosférico que se considere.

Dichos cálculos confirmarán la idoneidad de la configuración de torre considerada.

#### 2. Normativa aplicada

La Normativa que ha servido de base para el cálculo ha sido la siquiente:

- Norma NBE-EA-95 (Acero).
- Norma TIA/EIA<sup>(1)</sup>-222-G.
- Norma NBE-MV-101.
- Eurocode 0: Bases de diseño estructural.
- Eurocode 1: Acciones en estructuras.

UNE-EN 1991 Part 1.4: Acciones generales. Acciones de viento. NF EN 1991-1-4/NA

UNE-EN 1991-1-1 Part 1.1: Reglas generales y reglas para edificios.

- Eurocode 3: Diseño de estructuras de acero.

UNE-EN 1993-1-1 Part 1.1: Reglas generales y reglas para edificios.

UNE-EN 1993-1-11 Part 1.11: Diseño de estructuras con componentes de tensión.

UNE-EN 1993-3-1 Part 3.1: Torres, mástiles y chimeneas: torres y mástiles. NF EN 1993-3-1/NA.

- ISO 12494: Formación de hielo en estructuras.
- EN ISO 1461 Recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente en artículos fabricados de hierro y acero.

#### 3. Solución adoptada

Se han considerado tubos estructurales de acero estándar S355/S235, varillas de acero estándar S275 y chapa de acero F626 (S 235).

Se ha optado por el dimensionamiento uniforme de todos los tramos de la torre a fin de facilitar su fabricación y montaje en obra.

#### 4. Definición estructural de la torre

La torre es de base triangular y está formada por elementos estándar de 3m cada uno.

Cada elemento se compone de:

- 3 tubos montantes verticales.
- Barras de arriostramiento horizontal e inclinado.

La sección horizontal de la torre define un triángulo equilátero de 45cm de lado a ejes de montantes.

Los planos horizontales de arriostramiento están a 40 cm.

El apoyo del tramo inferior de la torre se proyecta articulado.

La torre está arriostrada con órdenes de vientos a 120°.

#### 5. Montaje de la torre

Galvanizado en caliente (EN ISO 1461). Recubrimiento 85 µm espesor.

Lacado al horno con polvo electroestático de poliester 60-80µm color rojo o blanco.

#### 6. Montaje de la torre

Montaje de la torreta tramo a tramo.

Consiste en fijar a la base el tramo inferior y colocarlo en posición vertical nivelándolo. Posteriormente se van montando los tramos intermedios sucesivos, que estarán equipados con los vientos corespondientes; el montaje se realiza escalando los tramos ya colocados e izando posteriormente el tramo que se va a colocar, ayudándose de utillaje de elevación adecuado.

La escalada deberá realizarse con los medios de seguridad adecuados (cinturón de seguridad, anclajes, etc.) y no se dejarán más de dos tramos seguidos sin arriostrar, cuando coincidan dos tramos sin vientos, se utilizarán vientos auxiliares para el arriostramiento de los tramos durante el montaje.

La torreta se irá nivelando mediante el ajuste de la tensión de los vientos y la utilización de aparatos de nivelación convenientes.

(1) TIA = Telecommunications Industry Association

EIA = Electronic Industrials Association

# Recomendaciones de montaje

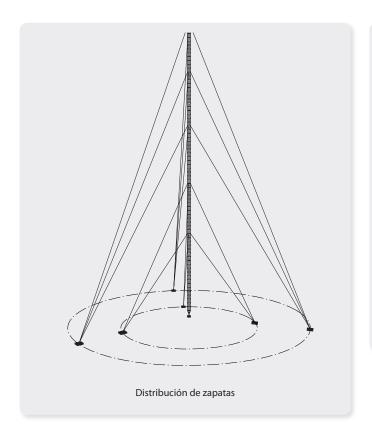
#### 8.1 Cimentación hormigón

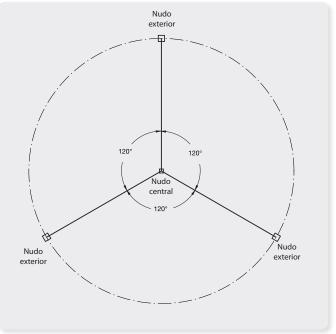
Las cimentaciones (que tienen un carácter orientativo) se han estimado para una resistencia admisible del terreno de 1,5 Kg/cm2, aunque podrían aceptarse terrenos con resistencia admisible de 1Kg/cm2...

El hormigón a emplear tendrá una resistencia característica mínima de 15 N/m mm2. (HA-25) y el nivel de control estimado es el reducido.

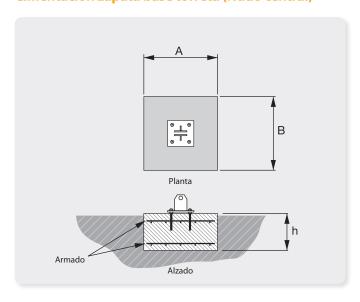
Cada zapata llevará un armado superior y otro inferior.

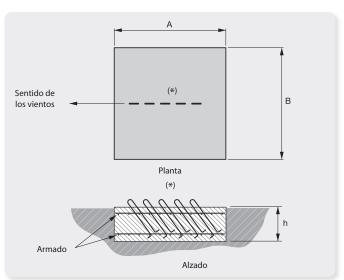
En función del emplazamiento concreto, estudio geotécnico y nivel de control, deberán reconsiderarse los cálculos.





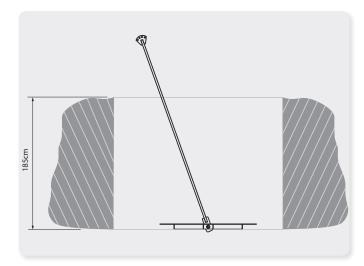
#### **Cimentación zapata base torreta (Nudo central)**





# Recomendaciones de montaje

#### 8.2 Placas de enterrar



#### 8.2.1 Cálculo zapata enterrar Ref. 314502

- A.- Área de la zapata en  $m^2 = 1m^2 / 2,25 m^2$
- ð.- Densidad del terreno; ( entre 13000 y 18000 N/m³, dependiendo del terreno y su compactación)
- $\mu.\text{--}$  Coeficiente de rozamiento de la zapata con el terreno ( Suponemos  $\mu\text{=}0,5)$
- TV.- Componente vertical del tiro de los vientos en N
- TH.- Componente horizontal del tiro de los vientos en N
- CS.- Coeficiente de seguridad
- h.- Profundidad a la que se entierra la zapata

Tmax.- Tiro máximo que soporta la zapata. = 55 000 N

#### **COMPROBACIONES:**

Tiro maximo.- CS\*(TV²+ TH²)½ < 55 000 N Arrancamiento- CS \*TV < A\* h \*  $\eth$ Desplazamiento- CS \*TH < A\* h \*  $\eth$  \*  $\mu$ 

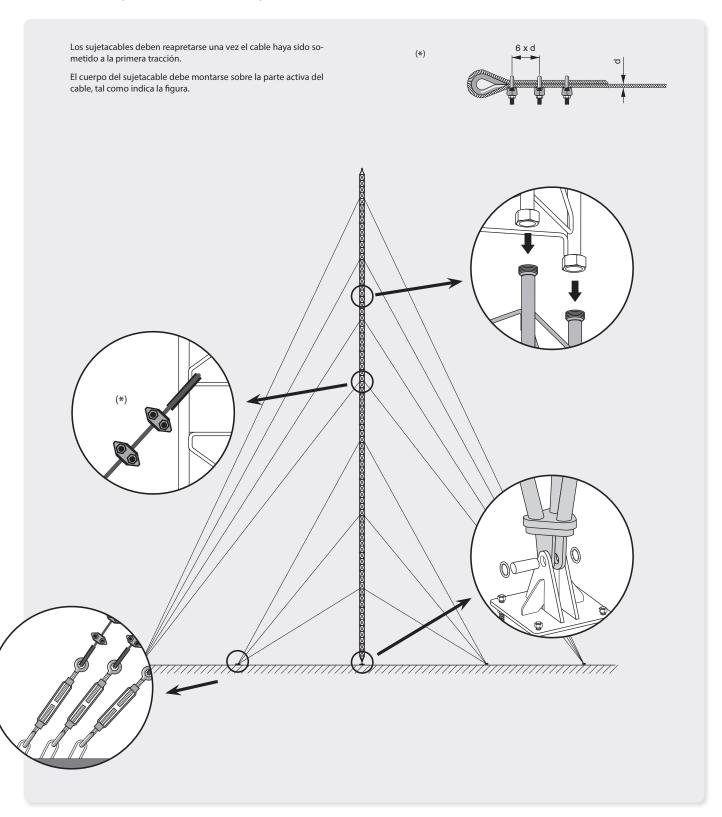
Nota.- El coeficiente de seguridad CS, normalmente se toma 1.25 como mínimo, por lo que la zapata Ref.314501 / 354511 soportará un tiro máximo de cálculo de 44 000 N. En todo caso el coeficiente de seguridad va a depender siempre del riesgo de la instalación.

Se debe tener en cuenta también que la zapata una vez enterrada comenzará un proceso de corrosión que dependerá de la acidez o alcalinidad del terreno, humedad, posibles diferencias de potencial entre la placa y el terreno, etc.

Es muy difícil cuantificar por tanto, la velocidad a la que se reducirán las distintas secciones resistentes, por lo que desaconsejamos este tipo de anclajes en instalaciones permanentes.

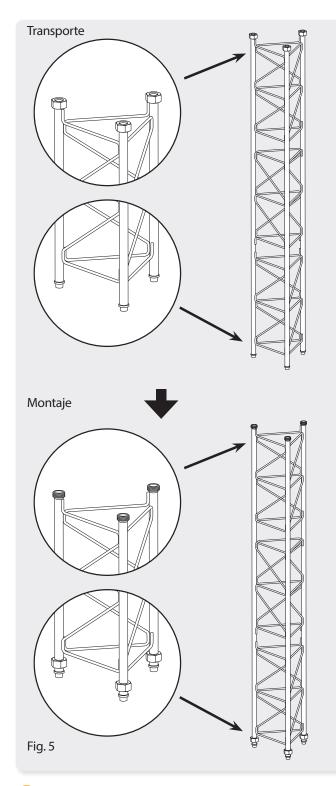
## **Modelo 450 Racores**

## Estructura (tramos/vientos)

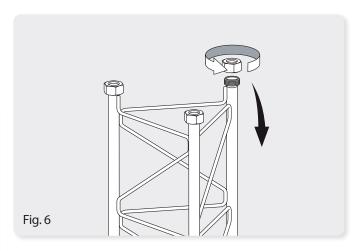


## **Modelo 450 Racores**

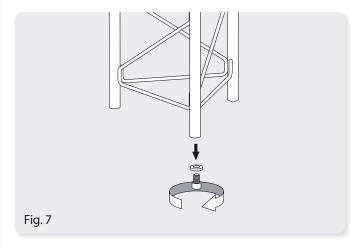
- Para garantizar la conservación intacta de la rosca durante la manipulación de los tramos, éstos se suministran con la tuerca colocada en la misma.
- Una vez en su ubicación y antes de montar la torre, deberá proceder a la recolocación de las tuercas a su lugar correspondiente en el lado opuesto del tramo (ver fi g. 5).



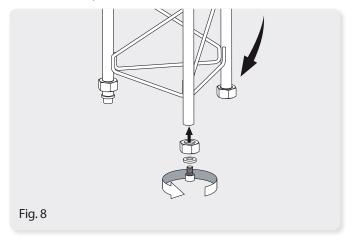
Retire las tuercas de su actual emplazamiento.



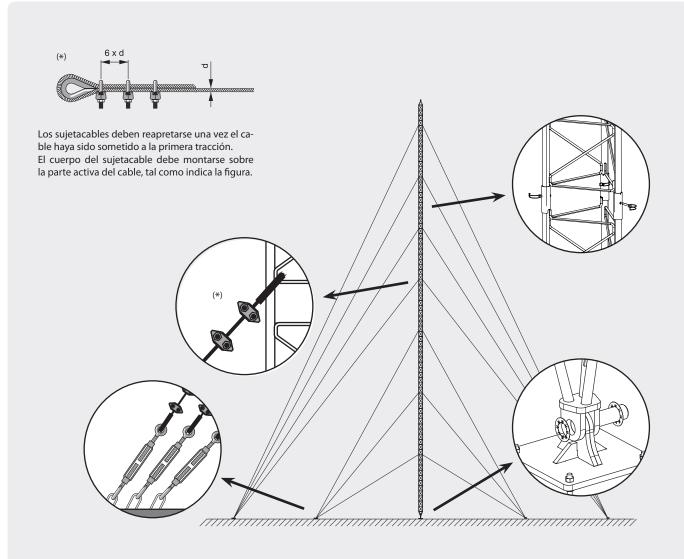
Retire los tornillos allen y las arandelas.



Coloque ahora la tuercas, las arandelas y los tornillos allen. Par máximo de apriete: 400 Nm.

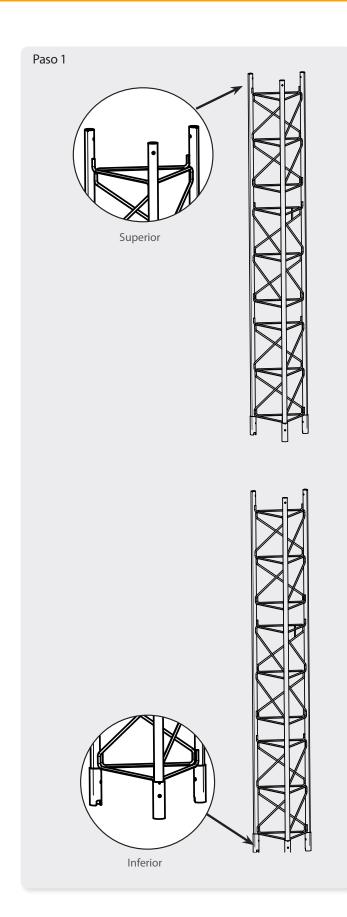


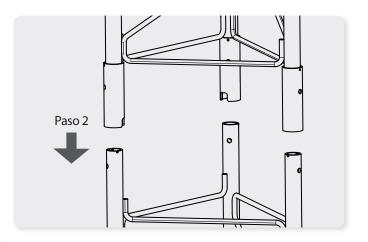
# **Modelo 450XL Embutir**

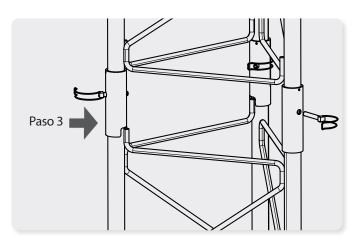


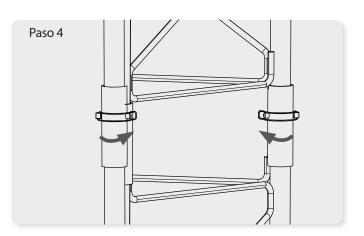
Detalles de ensamblaje de la torre y detalle orientativo del tensado de los vientos

# **Modelo 450XL Embutir**





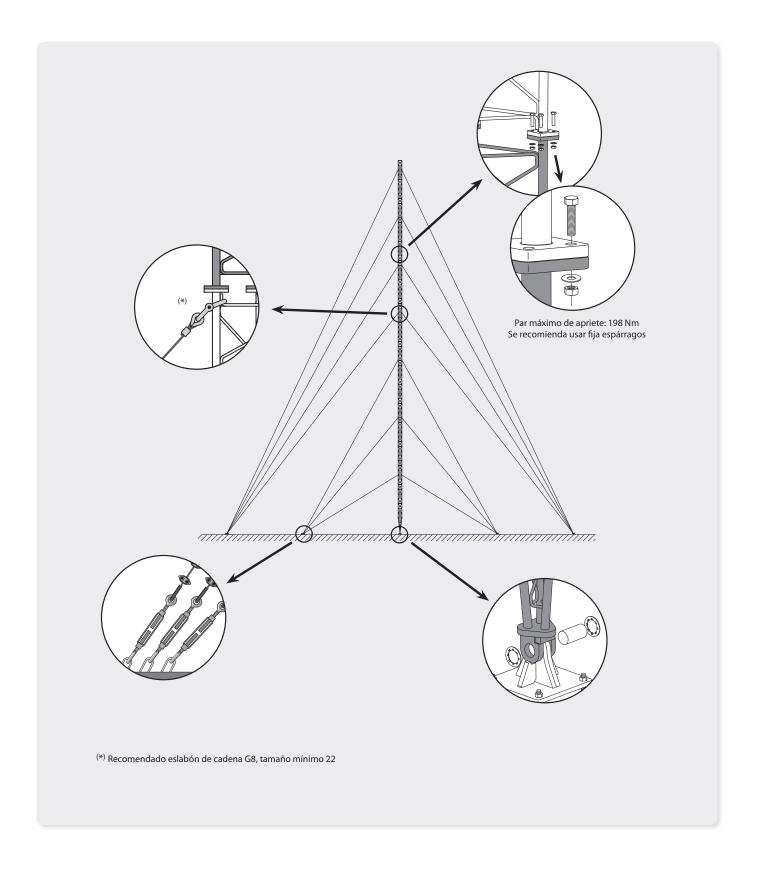




Cada tramo irá embutido con el anterior con un pasador de seguridad de Ø10 mm por pata.

Una vez montado el pasador, se debe cerrar la anilla de seguridad para evitar que este se salga.

# Modelo 550XL Placas atornillar



### Recomendaciones

#### 10. Señalización

De acuerdo con las normas de la O.A.C.I. (Organización Internacional de Aviación Civil), los tramos deberán colocarse alternativamente en colores aeronáuticos blanco y rojo, siendo de este último color los extremos, con el fin de ser fácilmente distinguidos durante el día.

Los tramos pueden estar formados por mas de un elemento seguido del mismo color, manteniendo siempre la misma proporción entre los colores (rojo/blanco - rojo, rojo/blanco, blanco - etc).

En torretas con altura superior a los 45m. deberá colocarse además un balizamiento nocturno, consistente en tres luces dobles cada 45m y en color rojo.

#### 11. Recomendaciones importantes

A efectos de conservar las características de la torre en un emplazamiento dado, se exigirá un control periódico del tensado de los tirantes y chequeo de apriete de tornillos, se aconseja realizarlo entre el 1/Octubre y el 1/Enero de cada año (por ejemplo).

Se recomienda también la revisión de toda la estructura después de fuertes tormentas de viento o hielo u otras condiciones extremas.

Así mismo, se recomienda la revisión periódica de la estructura en zonas de alta concentración de salinidad (zonas costeras) y zonas con ambientes corrosivos

Se desecharán tramos en los que se aprecie deformaciones producidas durante el transporte, montaje, desmontaje o vida útil de la torre.

Se procederá a revisiones anuales y reparaciones en su caso de todas las incidencias observadas.

- Desalineaciones y deformaciones.
- Revisión soldaduras.
- Revisión pintura.
- Revisión uniones de cables.
- Revisión cables.
- Tensión de los cables (medir\*).
- \* La tensión de los cables medida, está sujeta a pequeñas variaciones en función del viento y la temperatura.

No medir o ajustar los cables en condiciones de fuerte viento

#### 12. Medir tensiones de cables de vientos (Normativa)

Este apartado proporciona directrices para medir "in situ" la tensión de los cables de vientos. Existen dos métodos principales: el método directo y el indirecto.

#### El método directo (ver figura 6)

Un dinamómetro (celda de carga) con un instrumento de ajuste de longitud, como un tensor que se adjunta al sistema de cables de vientos sujetándolo al cable justo por encima del torniquete y al anclaje por debajo del torniquete.

A continuación se tensa el tensor hasta que el torniquete original empieza a aflojarse. En este momento, el dinamómetro aguanta toda la carga del cable de vientos hasta el anclaje, y la tensión del cable de vientos se puede medir directamente en el dinamómetro.

Se puede utilizar este método para fijar la tensión adecuada ajustando el tensor hasta que se pueda leer la tensión adecuada en el dinamómetro. Los puntos de control están marcados, uno por encima del punto de sujeción en el cable de vientos y otro en el astil del anclaje, y de este modo se puede medir la longitud de control. A continuación se retiran

el dinamómetro y el tensor, y el torniquete original se ajusta para mantener la longitud de control previamente medida.

#### Los métodos indirectos

Existen dos técnicas habituales para medir de forma indirecta la tensión inicial de los cables de vientos: el método de pulso o de oscilaciones (vibraciones) y el método de la intersección de la tangente o de combado (geométrico).

#### 1. El método de pulso (ver figuras 6 y 8)

Se aplica un fuerte tirón al cable de vientos cerca de su conexión con el anclaje causando una onda o pulso que viaje por el cable hacia arriba y hacia abajo.

La primera vez que el pulso vuelve al extremo inferior del cable de vientos, se inicia un cronómetro. A continuación se anota el tiempo que tarda en volver el pulso varias veces y la tensión del cable de vientos se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$T_{A} = \sqrt{\left(T_{M} - \frac{WV}{2L}\right)^{2} + \left(\frac{WH}{2L}\right)^{2}}$$
  $T_{M} = \frac{WLN^{2}}{5.94P^{2}}$ 

donde:

TA = Tensión del cable de vientos en el anclaje, en Newtons.

TM = Tensión del cable de vientos en la mitad del cable, en Newtons.

W = Peso total del cable de vientos, incluyendo aislamientos, etc., en Newtons.

L = Longitud del cable de vientos, en m.

$$L = \sqrt{H^2 + V^2}$$

H= Distancia horizontal desde la sujeción del cable de vientos en la torre y en el anclaje, en m.

V= Distancia vertical desde la sujeción del cable de vientos en la torre y en el anclaje, en m.

N = Número de pulsos u oscilaciones completos medidos en P segundos.

P = Periodo de tiempo medido en segundos, para N pulsos u oscilaciones

En lugar de crear un pulso que viaje hacia arriba y hacia abajo del cable de vientos, se puede obtener el mismo resultado haciendo que el cable de vientos oscile libremente de lado a lado mientras se miden el tiempo en hacer N oscilaciones completas. Las fórmulas anteriores también se pueden utilizar con este método.

#### 2. El método de la intersección de la tangente (ver figura 7)

Se traza una línea tangente al cable de vientos junto al extremo del anclaje que intersecte la torre a una distancia (intersección de la tangente) por debajo del punto de sujeción del cable de vientos al mástil. Esta distancia de intersección de la tangente se mide o se estima, y la tensión se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$T_{A} = \frac{WC \sqrt{H^2 + (V-I)^2}}{HI}$$

donde:

 $C=Dist.\ desde$  la sujeción del cable a la torre hasta el centro de gravedad del peso W, en m.

I = Intersección de la tangente, en m.

## Recomendaciones

Si el peso está distribuido uniformemente a lo largo del cable de vientos, C será aproximadamente igual a H/2. Si el peso no está distribuido de manera uniforme, el cable se puede subdividir en n segmentos y en este caso se utilizaría la siguiente ecuación:

$$T_A = \frac{S \sqrt{H^2 + (V-I)^2}}{HI}$$

Donde:

$$S = \sum^{N} W_{i}C$$

Wi = Peso del segmento i, en Newtons.

Ci = Distancia horizontal desde la sujeción del cable a la torre hasta el centro de gravedad del segmento, en m.

N = Número de segmentos

Si es difícil de fijar el punto de intersección, se puede utilizar la pendiente del cable en el punto de anclaje con la siguiente ecuación:

$$T_{A} = \frac{WC \sqrt{1 + \tan^{2} \alpha}}{(V - H \tan \alpha)}$$

Donde:

a = ángulo del cable en el punto de anclaje (ver figura 7)

I = V - H tana

У

$$T_{A} = \frac{WC \sqrt{1 + \tan^{2} \alpha}}{(V - H \tan \alpha)}$$

Se puede sustituir WC con S.

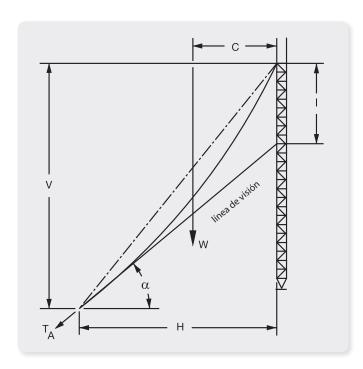


Fig. 7: Método de la intersección de la tangente

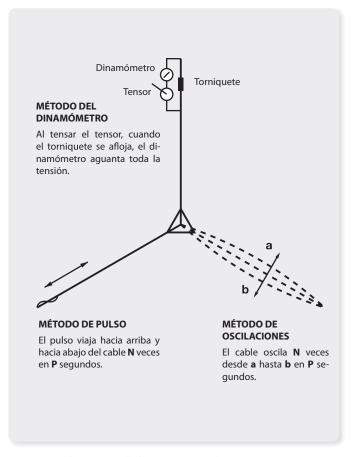


Fig. 6: Método para medir la tensión inicial

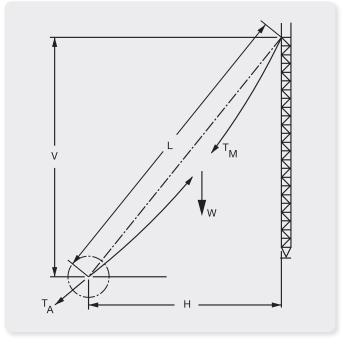


Fig. 8: Relación entre tensión del cable de vientos en el punto de anclaje y a mitad del cable.





## **Bound by technology**

Televes Corporation is at the heart of a group of technological companies representing global leadership in design and development of equipment for all types of telecom infrastructures in cities, buildings and homes.

Televes Corporation groups more than 20 companies all geared toward a common objective: design, develop and manufacture in Spain the best equipment and solutions for the telecom infrastructure industry worldwide.

Televes Corporation reaches over 100 countries directly through its 11 international subsidiaries (España, Portugal, France, United Kingdom, United Arab Emirates, Italia, United States, Deutschland, China, Polska, Russia, Scandinavia) and through an extensive network of professional distributors.