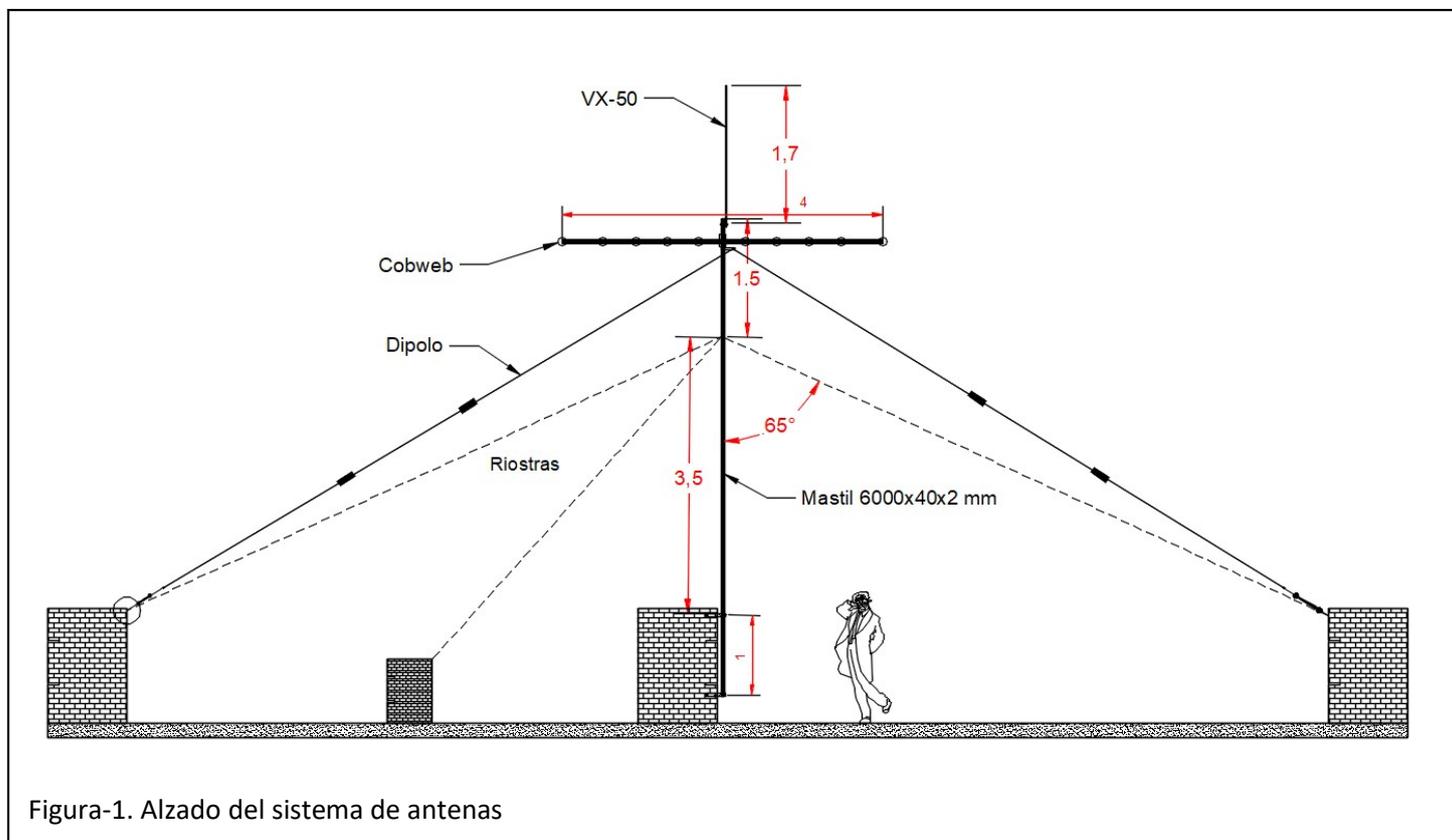


# Cálculos para Memoria Técnica

## Antena tipo Cobweb con bibanda y dipolo

Diego Doncel, EA1CN

doctorohmio@gmail.com



### Descripción

En un mástil de 6000x40x2 mm, arriostrado como se verá, se instalará una antena tipo Cobweb, más una antena vertical tipo VX50 bibanda y un dipolo de 20 m de longitud.

Se va a considerar aquí que las antenas se instalan en dos mástiles de 3000x40x2 mm de acero galvanizado, tipo 3072 de Televés. Consideraremos la longitud inicial del mástil de 6 metros en total, ya que está dimensionado en mástiles individuales de 3 metros. Sujeto a paramento vertical entre dos soportes separados 1 m. En el extremo superior del mástil irá la antena vertical bibanda y, 30 cm por debajo, la antena tipo Cobweb, junto con el centro del dipolo (balun).

Se van a realizar los cálculos para una velocidad del viento de 150 km/h, que supone una presión del viento de 1060 Kg/m<sup>2</sup> a una densidad del aire media de 1,225 kg/m<sup>3</sup>. Consideraremos un coeficiente eólico (Ce) de 0,7. También aproximaremos los cálculos hacia arriba para aumentar la seguridad en nuestro beneficio.

### Detalles de la composición del sistema:

La antena Cobweb, de diversas marcas o incluso de construcción propia se va a considerar aquí con una superficie total de 0,2 m<sup>2</sup> que incluye todas las partes de la misma, es decir, los tubos horizontales, la caja de conexión y el hilo que la forma para 5 bandas, además he considerado un porcentaje de un 10%

superior al que se obtiene fielmente de esos cálculos. Con un peso aproximado a 4,5 kg. Es una antena horizontal que se considerará como carga puntual en el desarrollo de los cálculos.

La antena bibanda VX50 tiene una longitud de 1,7 m y un diámetro medio de 3 cm. lo que hace una superficie de 0,051 m<sup>2</sup>. Un peso de 1 kg aproximadamente.

La antena dipolo clásica entendemos que tiene 20 m y fabricada con un hilo de acero de un diámetro de 2 mm y, junto con el balun central que va colgado del extremo superior del mástil, pesaría 1 kg.

Hay dos tipos de cargas en el sistema:

- Las cargas distribuidas, como son las antenas verticales y los mástiles. En este caso, al considerar el momento flector, se supone que la fuerza está aplicada en el centro de la longitud que tienen.
- Las cargas puntuales, como son las horizontales, antenas horizontales, dipolos, radiales de las antenas.

El objetivo de los cálculos es el siguiente:

- Justificar que el mástil soporta el momento flector provocado por la antena en el punto de ubicación del juego de riostras.
- Calcular el diámetro de las riostras que se han de instalar
- Justificar que los soportes del mástil soportan el peso que provoca en ellos
- Justificar que la sujeción de las riostras son las adecuadas.

Para ello tenemos que conocer, en este caso, las siguientes variables, sencillas de calcular:

- Superficie de las antenas
- Superficie del mástil en voladizo

Superficie de las antenas.

Superficie de la antena Cobweb: 0,2 m<sup>2</sup>

Superficie de la antena dipolo: 20 m x 0.002 m = 0.04 m<sup>2</sup>

Superficie de la antena VX50: 0,051 m<sup>2</sup>

Superficie del mástil

Superficie del mástil: 0,040 m x 1 m = 0,04 m<sup>2</sup>/m

La antena Cobweb, al ser horizontal, será considerada como una carga puntual, no distribuida. Igualmente para la antena dipolo.

Presión del viento en las antenas:

La presión del viento, conocida su velocidad, se obtiene de la fórmula siguiente:

$$P_v = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ N/m}^2$$

Donde  $\rho$  es la densidad media del aire, que tomamos 1,225 kg/m<sup>3</sup>

$v$  Es la velocidad del viento en m/seg (1 km/h = 0,277777 m/seg)

Así pues, sustituyendo,

$$P_v = \frac{1,225 \cdot 41,6^2}{2} = 1060 \text{ N/m}^2$$

Es posible que el fabricante de la antena no garantice que soporta 150 Km/h, sin embargo, nosotros calcularemos el sistema a esta velocidad para, al menos, tener seguridad de que el mástil y las sujeciones soportan el envite de una racha de viento fuerte de 150 Km/h.

Considerando la presión del viento a 150 Km/h de  $1060 \text{ N/m}^2$  y un coeficiente eólico de 0,7, tendremos los siguientes valores:

Nota: el coeficiente eólico se utiliza para compensar que las superficies no son totalmente planas.

$P_A = \text{superficie (Sa)} \times \text{Presión del viento (Pv)} \times \text{coeficiente eólico (Ce)}$

$PA \text{ cobweb} = 0.2 \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 148,4 \text{ N}$  (estimamos 150 N)

$PA \text{ VX50} = 0,051 \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0.7 = 37,8 \text{ N}$  (estimamos 40 N)

$Pdipolo = 0.04 \text{ m}^2 \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0.7 = 30 \text{ N}$

### Carga del viento en el mástil:

La carga del mástil  $Q_m$  al ser distribuida la consideraremos por cada metro lineal:

$Q_m = \text{superficie de 1 m del mástil} \times \text{Presión del viento} \times \text{coeficiente eólico /m}$  (por metro de mástil)

$Q_m = 0,04 \text{ m}^2/\text{m} \times 1060 \text{ N/m}^2 \times 0,7 = 29,68 \text{ N/m}$  (estimamos 30 N/m)

Antes de nada veamos si el mástil soporta el momento flector de las antenas en el punto supuesto de conexión de las riostras. Esta ubicación la suponemos a 3,5 m de altura respecto al soporte superior que sujeta el mástil, esto supone un voladizo de, aproximadamente,

Altura en voladizo desde la sujeción de riostras: 1,5 m.

Momento de la antena bibanda:  $40 \text{ N} \times (1,5 + 0,85) \text{ m} = 94 \text{ Nm}$

Momento de la antena cobweb:  $150 \text{ N} \times 1,2 \text{ m} = 180 \text{ Nm}$  (estimamos 30 cm por debajo de la bibanda)

Momento de la antena dipolo:  $22,2 \text{ N} \times 1,1 \text{ m} = 24,4 \text{ Nm}$  (estimamos 40 cm por debajo de la bibanda)

Momento del mástil en voladizo:  $30 \text{ N/m} \times 0,75 \text{ m} = 22,5 \text{ Nm}$

### Explicación:

El momento de una carga distribuida (como la antena bibanda y el mástil) es igual a la fuerza por la distancia al punto de apoyo, pero en estos casos se entiende que la fuerza está en el punto medio de la carga distribuida, es decir, 0,85 para la bibanda y 0,8 m para el mástil.

Suma de momentos para el mástil en el punto de sujeción de riostras:

$M_m = 94 \text{ Nm} + 180 \text{ Nm} + 24,4 \text{ Nm} + 22,5 \text{ Nm} = 321 \text{ Nm}$

Momento total en el mástil en voladizo: 321 Nm y con un coeficiente de seguridad del 50%:

Momento mástil:  $321 \text{ Nm} \times 1,5 \approx 481 \text{ Nm}$ , luego el mástil **CUMPLE**.

### Momento flector de todo el mástil en su base, sin riostras.

Distancia de la antena Cobweb al soporte del mástil: 4,7 metros

Distancia de la antena dipolo al soporte del mástil: 4,5 metros

Distancia de la antena bibanda al soporte del mástil: 5 m + 0,85 m (punto aplicación fuerza)

Distancia del punto de aplicación fuerza del mástil al soporte: 2,5 m

$M_f = MF \text{ antena Cobweb} + MF \text{ antena dipolo} + MF \text{ antena Bibanda} + MF \text{ mástil}$

$MF = 150 \text{ N} \times 4,7 \text{ m} + 22,2 \text{ N} \times 4,5 \text{ m} + 40 \text{ N} \times 5,85 \text{ m} + 30 \text{ N} \times 2,5 \text{ m} = 1114 \text{ Nm}$

Como vemos es muy superior al que soporta un mástil tipo 3072 de Televés, por eso se necesitan riostras.

### Cálculo de las riostras:

Veremos ahora la tensión a que estará sometida una sola riostra en dos supuestos: que sea una sola la que aguante todo el esfuerzo del viento y que esté a un ángulo aproximado de 60° con respecto al mástil. Ésta última consideración se podrá evaluar por el teorema de Pitágoras para ver el ángulo que se forma. Tendríamos que medir la distancia horizontal existente desde el punto de sujeción de las riostras al mástil y la altura existente desde el punto de aplicación de las riostras en el mástil hasta la base de éste. De esta forma sabremos la longitud de cada riostra y por trigonometría, la tangente y el ángulo que forma. Ver la figura-1.

Para calcular la tensión en una única riostra, como si ella sola soportara el esfuerzo del viento en el sistema tenemos dos procedimientos:

- Procedimiento científico. Ayudándonos de la teoría de vigas o de algún programa de ordenador o página web que nos dé esos cálculos hechos.
- Procedimiento práctico y sencillo que nos lleve a un resultado similar y con confianza.

Utilizaremos el segundo procedimiento, no es científico, sino seguro y fiable, que es lo que nos interesa.

Como el momento flector total es de 1114 Nm, vamos a considerar que el esfuerzo que hacen las riostras va a compensar ese momento flector, es decir:

$F_R \times 3,5 \text{ m} > 1114 \text{ Nm}$  (Fuerza de las riostras x distancia al soporte), entonces:

$$F_R > 1114 \text{ Nm} / 3,5 \text{ m} > 318 \text{ N} \approx 320 \text{ N}$$

Demos un margen de seguridad añadida y aumentemos dicho valor un 10% para que sean: 352 N o 36 kg

Por un procedimiento complejo y científico saldría 372 N (38 kg). No es una diferencia representativa.

Si esta es la fuerza que tiene que hacer la riostra (recordemos, una sola) en horizontal, la componente que forma un ángulo de 65° con la vertical, tendrá un valor de:

$$FR = 36 \text{ kg} / \text{sen } 65^\circ = 40 \text{ kg}$$

Pretensado 10% (carga de rotura de 200 kp) 40 kg + 20 kg = 60 kg

Según catálogo de Televés, se precisaría un cable de 2 mm (carga < 200 kg)

Obsérvese ahora la tolerancia de los cálculos que estamos realizando para llegar a la misma conclusión.

CABLES TELEVES				
Diametro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Hilos	Carga rotura (Kp)	Carga rot (Kp/mm <sup>2</sup> )
2	3,14	7x0,6	200	63,69
4	12,57	7x1,3	1100	87,51
5	19,63	7x1,6	1800	91,7
6	28,27	7x2,0	3000	106,12

Esta tensión de riostra provocará una componente horizontal y otra vertical, ambas las necesitamos. Ver la figura-3

$$C_v = 60 \times \cos 65^\circ \approx 27 \text{ kg}$$

$$C_h = 60 \times \text{sen } 65^\circ \approx 53 \text{ kg}$$

Veamos ahora que la componente vertical son 27 kg que habrán de sumarse al peso de las antenas y del mástil en el soporte superior de sujeción.

Peso sobre el soporte:

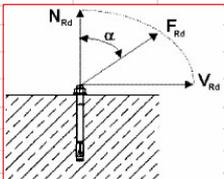
$$P = 27 \text{ kg} + 5 \text{ kg (mástil)} + 8 \text{ kg (antenas)} \approx 40 \text{ kg}$$

Este peso, provocará un momento flector en el soporte superior de sujeción, suponiendo que tiene una longitud de 20 cm de:

$M_{\text{flector}}$  en el soporte:  $0,20 \text{ m} \times 40 \text{ kg} = 8 \text{ kg}$

Si los soportes son en "L" de 20 cm, por ejemplo 2401 de Televés, sujetos al paramento vertical con tornillos expansivos de 8 mm, 6 cm de profundidad y taco químico, soportarán perfectamente este esfuerzo (catálogo HILTI).

HILTI				
ANCLAJE QUÍMICO		Valores en kN		
		N <sub>rd</sub>	V <sub>rd</sub>	
LADRILLO HUECO + HIT-HY20	HIT - AN	1,0	1,0	
	HIT - IG	1,0	1,0	
ANCLAJE METÁLICO				
LADRILLO MACIZO	HLC - H	M6	1,0	1,8
HORMIGÓN		M8	1,5	3,2
PIEDRA NATURAL		M10	2,0	5,2
ANCLAJE METÁLICO DE SEGURIDAD				
HORMIGÓN	HSL-3 --> M12 X 97 mm		11,1	17,8



TENSIÓN EN LOS PUNTOS DE ANCLAJE DE LAS RIOSTRAS					
Zapata de Hormigón	Tiro Vertical	<400 kg	<800 kg	<1600 kg	<2400 kg
	Tiro Horizontal	<300 kg	<700 kg	<1400 kg	<2100 kg
	Altura	70 cm	75 cm	90 cm	90 cm
	Superficie	85 x 85	110 x 110	140 x 140	160 x 160

### Soporte de las riostras

Si las riostras están sujetas con garras de muro a un paramento vertical, se pueden utilizar los soportes usados en el mástil, instalados de igual forma, con tornillos expansivos y taco químico HILTI (ver cuadro).

Si se instalaran en el suelo, las zapatas deberán ser de dimensiones 85x85x70 cm. Ver las orientaciones en el catálogo "Torres" de Televés.

+++++

**Nota Importante:** Diego, EA1CN. No me hago responsable del uso de esta información. Estos cálculos son únicamente informativos, no son válidos para ser considerados oficiales, ni profesionales, ni de otra índole.

-----

### Agradecimientos y bibliografía:

EA4DTP, Luis Ignacio

Mecánica Aplicada, Ramiro A.

## Solución de programa de cálculo

