



GAMA APOYOS 45-220 KV
LÍNEAS DE ALTA TENSIÓN

2022

MULHACÉ NEVEREST TEIDE
ANETO MÁGINA MONTBLANC

PRESENTACIÓN

1.- INTRODUCCIÓN

El catálogo presenta la gama Andel de apoyos metálicos normalizados para utilización en líneas eléctricas aéreas de A.T. de 45, 66, y 132 y 220 kV. El diseño se ajusta al Real Decreto 223/2008: “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT01 a 09”.

El objetivo fundamental del catálogo es proporcionar la documentación que permita una fácil elección de nuestros apoyos bajo cualquier hipótesis de trabajo y combinación de esfuerzos en conductores y cables de tierra. Para asegurar este objetivo, este catálogo se complementa con el software ANDELEC.

ANDELEC es el software que permite llevar a cabo todos los cálculos para la realización y construcción de una línea eléctrica de A.T de acuerdo con el RD 223/2008. Está estructurado en una serie de módulos independientes que permiten el desarrollo progresivo de un determinado proyecto:

Módulo de inserción manual de apoyos: Permite de una manera rápida y eficaz, seleccionar un apoyo según unos datos de partida, como son sus esfuerzos teóricos. Esta herramienta permite sacar algunos documentos como puede ser la ficha técnica del apoyo en la que figuraran los gráficos de utilización.

Módulo de topografía digital: Utilizando las bases de datos facilitadas por las distintas administraciones se puede obtener de una manera precisa el levantamiento topográfico de la línea y todos los datos necesarios para su trazado.

Módulo de trazado: Permite de una manera sencilla e intuitiva, la colocación de apoyos en el perfil, así como la obtención del trazado de la línea.

Módulo de cálculo: Calcula los valores de tensiones, flechas, esfuerzos, distancias de seguridad, cimentaciones, etc.

Módulo de elección de apoyos normalizados: Basado en la utilización de las ecuaciones resistentes y gráficos de utilización de los apoyos, proporciona una mayor optimización, flexibilidad y garantía en la elección.

Módulo de salida de resultados: que proporciona todos los documentos necesarios para el proyecto y ejecución de la instalación.

Pretendemos con toda esta información que el usuario disponga de la mejor aplicación para la correcta y fácil elección de los apoyos de este catálogo.

2.- GAMA DE APOYOS

Con el objeto de cubrir distintas geometrías y un amplio abanico de esfuerzos y alturas, los apoyos se han estructurado en seis series denominadas: Mágina, Mulhacén, Aneto, Teide, Mont-Blanc y Everest.

Cada una de las series se ha diseñado para encajar en las diferentes tensiones, longitud de vano, etc. ofreciendo una variedad de torres muy polivalente para los distintos valores de tensión de línea. La serie se compone a su vez de un determinado número de apoyos con la misma geometría y distinta resistencia mecánica. Cada uno de los apoyos de la serie permite distintas alturas y montajes de simple y doble circuito con distintas separaciones de fases y la utilización o no de conductor de tierra. En la siguiente tabla se muestra las posibilidades de esfuerzos y alturas de los apoyos de este catálogo.

TIPO DE POSTE	NOMBRE	Esfuerzos normalizados daN	Alturas de referencia normalizadas m.	Tensión kV
Monobloque Celosía simple	MÁGINA	1500-2000-2500- 3000-3500-4500-6000	8-30	45-66
Monobloque Celosía doble	MULHACÉN	2500-5000-7000- 9000-13000	10-33	45-66- 132
4 patas Celosía doble	ANETO	2000-3000-6000- 6000R-9000-9000R- 12000-12000R- 14000R-18000R- 21000R	10-12-14-16-18- 20-23-25-27-30	66-132
4 patas Celosía doble	TEIDE	3000-5000-7000- 9000-12000-15000- 18000-27000-33000	12-15-18-21-24- 27-30-33-36-39	132-220
4 patas Celosía doble	MONT-BLANC	40000	15-20-25-30-35- 40	220
4 patas Celosía doble	EVEREST	55000-70000	15-20-25-30-35- 40	220

SERIES MÁGINA Y MULHACÉN

Diseñadas para cimentación monobloque, destacan por sus reducidas dimensiones de base que permiten un ahorro considerable en la cimentación y una ocupación mínima del terreno. Los esfuerzos en punta van desde los 1.500 a los 13.000 daN y con esfuerzos de torsión de hasta 5000 daN. La altura de referencia va desde los 8 a los 33 m. Esta variedad de posibilidades hace que estas series puedan cubrir la mayoría de los casos en apoyos de alineación y pequeños ángulos que se puedan presentar en el tendido de las líneas de distribución de 45 y 66 kV y muchos de las de 132 kV.

Torres de celosías compuestas de perfiles angulares de acero galvanizado, presentando sección cuadrada con cabeza prismática y fuste troncopiramidal.

SERIES ANETO, TEIDE, MONT-BLANC Y EVEREST.

Debido al rango de esfuerzos y mayor anchura del apoyo, lo más óptimo es el uso de cimentaciones de patas independientes.

La gama de esfuerzos en punta varía desde los 2.000 a los 70.000 daN y con unos esfuerzos de torsión de hasta 16.000 daN. Con estas series se cubre una amplia gama de tensiones.

ANETO para cubrir 66 kV si no es necesario la utilización de la gama monobloque y principalmente 132 kV para lo cual está ideada.

TEIDE abarca las suspensiones, amarres y ángulos de 220 kV, incluso fines de línea con los esfuerzos mayores.

MONT-BLANC y EVEREST alcanzan los apoyos de mayor requerimiento de esfuerzos en 220 kV, ángulos fuertes y finales de línea.

Torres de celosías compuestas de perfiles angulares de acero galvanizado, presentando sección cuadrada con cabeza prismática con celosía doble e igual para las cuatro caras y fuste troncopiramidal también con celosía doble pero alternada en los montantes.

3.- MATERIALES

Los perfiles utilizados en la fabricación son de las calidades S275JR, S355J0 y S355J2, correspondientes a la norma UNE-EN-10025 “Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general”. Las dimensiones y tolerancias de estos perfiles, se ajustan a la norma UNE-EN-10056 “Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural”.

La tornillería se utiliza calidad 5.6 según la norma UNE-EN ISO-898 “Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado”. El galvanizado se ajusta a la norma UNE-EN ISO 1461 “Recubrimientos galvanizados en caliente sobre productos acabados de hierro y acero”.

4.- INGENIERÍA Y OFICINA TÉCNICA

Andel cuenta una oficina técnica con un importante equipo de ingeniería multidisciplinar dotado de los medios más adecuados para la realización de cálculos, diseños y procesos de fabricación de cualquier estructura metálica.

5.- CONTROL DE CALIDAD

Andel dispone de un sistema de gestión de calidad conforme a la **ISO-9001**, certificado desde el año 1996. Trabajar conforme a las directrices de dicho sistema y de acuerdo a una política de calidad focalizada hacia la mejora continua, asegura un riguroso control de la calidad en todas las fases productivas.

Andel dispone en sus instalaciones de un **laboratorio para ensayos mecánicos** que permite comprobar la calidad del material y producto fabricado mediante los controles rutinarios y específicos.

Estos controles se realizan en laboratorio propio en el cual se dispone de un equipo universal de ensayo tracción-compresión y péndulo Charpy para la comprobación de resiliencia. Todos los equipos de inspección y ensayo están calibrados.

Dentro del proceso de diseño y fabricación se sigue un **procedimiento de revisión, verificación y validación** de prototipos:

Revisión: los diseños son revisados y aprobados por personal técnico cualificado antes de la fabricación.

Verificación: mediante prototipo, la estructura es contrastada con el plano comprobando dimensiones y tornillería. Para cada tipo de producto y según las exigencias del cliente se establece un programa de puntos de inspección que asegura la calidad del mismo.

Validación: se comprueba la idoneidad funcional del prototipo.

La **trazabilidad** es asegurada desde la entrada de materias primas mediante la codificación interna de éstas y durante el proceso de fabricación y hasta la expedición, mediante los correspondientes registros de calidad.

Andel suministra **instrucciones de montaje**. Todas las barras van marcadas para facilitar su identificación y ubicación en el montaje.

6.-COMPOSICIÓN DEL CATÁLOGO

Para cada una de las series, los datos facilitados en este catálogo se estructuran en siete apartados:

- 1) Características generales.
- 2) Gama de esfuerzos.
- 3) Geometría y datos del fuste.
- 4) Armados.
- 5) Designación de los apoyos de la serie.
- 6) Árboles de carga.
- 7) Cimentaciones.

7.- COMPROBACIÓN RESISTENCIA DE APOYOS

REAL DECRETO 223/2008. ITC-LAT 07

CÁLCULOS MECÁNICOS.

7.1 Cargas y sobrecargas a considerar

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y en las condiciones que se fijan en los apartados siguientes.

En el caso de que puedan preverse acciones de todo tipo más desfavorables que las que a continuación se prescriben, deberá el proyectista adoptar de modo justificativo valores distintos a los establecidos.

7.1.1.- Cargas permanentes.

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra –si los hubiere-, apoyos y cimentaciones.

7.1.2.- Fuerzas del viento sobre los componentes de las líneas aéreas.

Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h de velocidad, excepto en las líneas de categoría especial, donde se considerará un viento mínimo de 140 km/h. Se supondrá el viento horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

7.1.2.1.- Fuerzas del viento sobre los conductores.

La presión del viento en los conductores causa fuerzas transversales a la dirección de la línea, al igual que aumenta las tensiones sobre los conductores.

$$F_c = q \times d \times \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ daN}$$

d diámetro del conductor, en m
 a_1, a_2 longitudes de los vanos adyacentes, en metros
 q presión del viento

$$= 60 \times \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ para conductores de } d \leq 16 \text{ mm}$$

$$= 50 \times \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ para conductores de } d > 16 \text{ mm}$$

En el caso de sobrecargas combinadas de hielo y de viento, se deberá considerar el diámetro incluido el espesor del manguito de hielo, para lo cual se aconseja considerar un peso volumétrico específico del hielo de valor 750 daN/m².

7.1.2.2.- Fuerzas del viento sobre las cadenas de aisladores.

La fuerza del viento sobre cada cadena de aisladores será:

$$F_c = q \times A_T \text{ daN}$$

Siendo:

A_T área de la cadena de aisladores proyectada horizontalmente en un plano vertical paralelo al eje de la cadena de aisladores, m²

$$q \quad \text{presión del viento} = 70 \times \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2$$

7.1.2.3.- Fuerzas del viento sobre apoyos de celosía.

La fuerza del viento sobre los apoyos de celosía será:

$$F_c = q \times A_T \text{ daN}$$

Siendo:

A_T área del apoyo expuesta al viento proyectada en el plano normal a la dirección del viento, en m²

$$q \quad \text{presión del viento} = 170 \times \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2$$

7.1.3.- Sobrecargas motivadas por el hielo

A estos efectos, el país se clasifica en tres zonas:

- Zona A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- Zona B: La situada a una altitud entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar.
- Zona C: La situada a una altitud superior a 1000 metros sobre el nivel del mar.

Las sobrecargas serán las siguientes:

- Zona A: No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
- Zona B: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manquito de hielo de valor: $0,18 \times \sqrt{d}$ daN por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en mm.
- Zona C: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manquito de hielo de valor: $0,36 \times \sqrt{d}$ daN por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en mm.

7.1.4.- Desequilibrio de tracciones.

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión:

- Tensión de la línea ≤ 66 kV: Esfuerzo longitudinal equivalente al 8% de la tracción total del conductor.
- Tensión de la línea > 66 kV: Esfuerzo longitudinal equivalente al 15 % de la tracción total del conductor.

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

- Tensión de la línea ≤ 66 kV: Esfuerzo longitudinal equivalente al 15% de la tracción total del conductor.
- Tensión de la línea > 66 kV: Esfuerzo longitudinal equivalente al 25 % de la tracción total del conductor.

Apoyos de anclaje: Esfuerzo longitudinal equivalente al 50% de la tracción total del conductor.

7.1.5.- Esfuerzos longitudinales por rotura de conductores.

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión:

Número de conductores por fase	%
1	50
2	50
3	75
≥ 4	100

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre: Se considerará el esfuerzo correspondiente a la rotura de un solo conductor por fase o cable de tierra sin reducción alguna de su tensión. Además en apoyos de ángulo con cadenas de amarre se valorará, además del esfuerzo de torsión que se produce según lo indicado, el esfuerzo de la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje y fin de línea:

Número de conductores por fase	%
1	100
≥2	50

7.2.- Hipótesis de cálculo.

Las diferentes hipótesis que se tendrán en cuenta en el cálculo de los apoyos serán las que se especifican en las tablas adjuntas, según el tipo de apoyo.

En las líneas de tensión nominal hasta 66kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo.
- b) Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- c) Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Tabla 1. Apoyos de líneas situadas en zona A (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (viento)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Suspensión de Alineación o Suspensión de ángulo	V	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea		
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica	Desequilibrio de Tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea		
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica	Desequilibrio de Tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5°C

Tabla 2. Apoyos de líneas situadas en zona A (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (viento)	3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
Alineación-Anclaje o Ángulo-Anclaje	V	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea		
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica	Desequilibrio de Tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra
Fin de Línea	V	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea	No aplica	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo		No aplica
	L	Desequilibrio de Tracciones		Rotura de conductores y cables de tierra

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -5°C

Tabla 3. Apoyos de líneas situadas en zona B y C (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Alineación-Suspensión ó Ángulo-Suspensión	V	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima. Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo.	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica			Desequilibrio de Tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra
Alineación-Amarre ó Ángulo-Amarre	V	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima. Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo.	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica			Desequilibrio de Tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:

1º Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15°C en zona C

Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima y a la temperatura de -15°C en zona B y -20°C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h. La 2ª Hipótesis (Hielo + Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

Tabla 4. Apoyos de líneas situadas en zona B y C (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Alineación-Anclaje ó Ángulo-Anclaje	V	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima. Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo.	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo, sobre conductores y cables de tierra y apoyos. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo	ALINEACIÓN: No aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo	
	L	No aplica			Desequilibrio de Tracciones	Rotura de conductores y cables de tierra
Fin de línea	V	Cargas permanente considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.	No aplica	Cargas permanentes considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima. Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h.
	T	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre conductores y cables de tierra y apoyos.	No aplica	Esfuerzo del viento correspondiente a una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo, sobre conductores y cables de tierra y apoyos.		No aplica
	L	Desequilibrio de Tracciones	Desequilibrio de Tracciones			Rotura de conductores y cables de tierra

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:

1º Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15°C en zona C

Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima y a la temperatura de -15°C en zona B y -20°C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h. La 2ª Hipótesis (Hielo + Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

En las tablas que se adjuntan en el apartado 6 de cada serie, se presenta un posible árbol de cargas para cada fuste y montaje de la serie en cada una de las hipótesis reglamentarias. El árbol de carga está formado por los esfuerzos simultáneos que soporta el apoyo en las tres direcciones: transversal (T), longitudinal (L), y vertical (V); aplicados en cada una de las fases y en la cúpula de tierra. Para la obtención de estos esfuerzos se ha tenido en cuenta el peso propio y en las hipótesis que lo requiere el esfuerzo del viento sobre el apoyo.

La primera y segunda hipótesis se ha calculado con un coeficiente de seguridad de 1,5 y la tercera y cuarta con un coeficiente de 1,2. Para líneas de categoría especial, también se incluye una velocidad de viento de 140 km/h para la primera hipótesis y una combinada de hielo más viento de 60 km/h para la segunda hipótesis.

En la siguiente figura se muestran los diagramas vectoriales de V, T y L para las diferentes hipótesis reglamentarias.

TIPO DE APOYO	FUNCIÓN	HIPÓTESIS					
		1ª HIPÓTESIS (VIENTO)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (DESEQUILIBRIO)	4ª HIPÓTESIS (ROTURA)	
			(HIELO)	(HIELO + VIENTO)		SANA	ROTA
ALINEACIÓN	SUSPENSIÓN						
	AMARRE ANCLAJE						
ÁNGULO	SUSPENSIÓN						
	AMARRE ANCLAJE						
FIN DE LÍNEA	FIN DE LÍNEA						

8.- CIMENTACIONES

En función de las características geométricas de cada una de las series, las cimentaciones que se presentan en el catálogo pueden ser del tipo monobloque o de 4 bloques independientes.

Las del tipo Monobloque se construyen formando un solo bloque de hormigón en masa. Se facilitan cimentaciones para tres tipos de terreno: blando con coeficiente de compresibilidad de 8kg/ cm³; normal con coeficiente de compresibilidad de 12 kg/ cm³; y duro con coeficiente de compresibilidad de 16 kg/ cm³. El método utilizado para el cálculo de cimentación será el método de Sulzberger.

$$(M_{vc} + M_{vv}) \leq M_c$$

M_{vc} → Momento de vuelco debido a la acción de los conductores al terreno.

M_{vv} → Momento de vuelco del viento sobre el apoyo.

$$M_c = M_{\text{empotramiento}} + M_{\text{verticales}}$$

M_c → Momento estabilizador del macizo de cimentación.

Para las cimentaciones fraccionadas, de 4 patas independientes se facilitan cuatro tipos de geometría de cimentación: cuadrada sin cueva; cuadrada con cueva y cilíndrica con cueva. Cada una de ellas con tres tipos de terreno de las siguientes características:

- Terreno flojo: $\sigma = 2,0 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha : 20^\circ$
- Terreno medio: $\sigma = 3,0 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha : 30^\circ$
- Terreno fuerte: $\sigma = 4 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha : 35^\circ$

El método utilizado para el cálculo de la cimentación fraccionada es el denominado del talud natural o ángulo de arrastre de las tierras.

Comprobación al arranque.

Se considerarán todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

- a) Peso del apoyo
- b) Peso propio de la cimentación.
- c) Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado.
- d) Carga resistente de los pernos, en el caso de realizarse cimentaciones mixtas o en roca.

Se comprobará que el coeficiente de estabilidad de la cimentación, definido como la relación entre las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo y la carga nominal de arranque, no sea inferior a 1,5 veces las hipótesis normales y 1,2 veces para las hipótesis anormales.

En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea, se recomienda utilizar como ángulo de talud natural o de arranque de tierras: 30° para terreno normal y 20° para terreno flojo.

Comprobación al arranque

$$C_{Sa} = \frac{P_M + V_T}{E_{\text{útil}}} \geq 1,5$$

CSa → Coeficiente de seguridad al arranque

PM → Peso del hormigón de una pata en daN

VT → Volumen de las tierras arrastradas por la pata daN.

Eu → Esfuerzo útil de tracción

Comprobación a compresión.

Se considerarán todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

- a) Peso del apoyo
- b) Peso propio de la cimentación.
- c) Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación.
- d) Carga de compresión ejercida por el apoyo.

Se comprobará que todas las cargas de compresión anteriores, divididas por la superficie de la solera de la cimentación, no sobrepasa la carga admisible del terreno.

En el caso de no disponer de las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea se recomienda considerar como carga admisible para terreno normal 3 daN/cm² y para terreno flojo 2 daN/cm².

En el caso de cimentaciones mixtas o en roca se recomienda utilizar como carga admisible para la roca 10 daN/cm².

Comprobación a compresión

$$C_{Sc} = \frac{P_M + E_{\text{útil}}}{A_{\text{Base}}} \leq \text{Carga máxima admisible del terreno}$$

CSc → Coeficiente de seguridad a compresión

PM → Peso del hormigón

Eu → Esfuerzo útil de compresión

Abase → Área de la base

9.-DIAGRAMAS DE UTILIZACIÓN

El comportamiento resistente de los apoyos cuando están sometidos a esfuerzos distintos a los nominales reflejados en los árboles de carga, se define mediante varios diagramas de utilización para cada tipo de apoyo.

Para las hipótesis reglamentarias de Viento, Hielo y Desequilibrio de Tracciones según la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008, se define un diagrama de utilización con todos los apoyos de cada serie, en función del tipo de montaje y de la separación de crucetas correspondiente de dicha serie, combinada con la relación de esfuerzo entre el conductor de fase y el conductor de tierra "R".

Para la hipótesis de rotura, se define un diagrama de utilización con todos los apoyos de cada serie, en función del tipo de montaje y de la longitud de cada cruceta combinada con la relación de esfuerzo entre el conductor de fase y el conductor de tierra "R".

Para un correcto uso de los mismos siempre hay que seguir una serie de pasos que a continuación se mostraran en algunos ejemplos pero de forma simplificada seria:

- 1- Determinar la relación fase-tierra que se tienen según los esfuerzos teóricos del apoyo que se quiere comprobar.
- 2- Elegir el correspondiente diagrama de utilización en función de los parámetros de "b", "a", "h" y "R", según en la hipótesis que se esté calculando.
- 3- Una vez seleccionado el grafico correspondiente, localizar los puntos de partida en el grafico en función del esfuerzo transversal y longitudinal.
- 4- Visualizar donde estaría nuestro punto y el apoyo inmediatamente superior seria el valido.

A continuación se calculara un ejemplo ilustrativo para cada una de las hipótesis reglamentarias del reglamento:

Hipótesis Viento (140 km/h – 120 km/h)

Este diagrama se corresponde con la hipótesis primera establecida en la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

El diagrama indica los esfuerzos transversales, longitudinales o la combinación de ambos, que soporta el apoyo en cada cruceta, incluyendo el esfuerzo vertical nominal descrito en los árboles de carga y con un coeficiente de seguridad de 1,5.

Los esfuerzos reflejados en cada diagrama están en función de:

- Tipo de montaje (doble circuito o simple circuito)
- Separación de crucetas "b"
- Relación esfuerzos tierra/fase ($R=0$, $R=0,7$, $R=1$)

Ejemplo de utilización:

Si tenemos un apoyo de doble circuito, con una separación de fases de cálculo de 1,25 m, con los siguientes esfuerzos por fase para la hipótesis de viento 120km/h con seguridad normal:

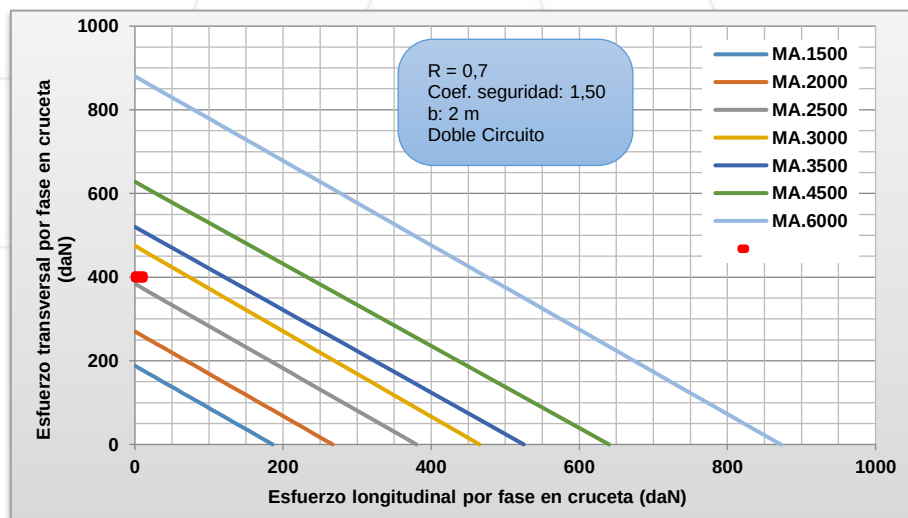
	V	T	L
Fase	111	400	0
Tierra	90	240	0

- 1- Calculamos la relación fase-tierra según los esfuerzos.

$$R = \frac{T_t + L_t}{T_f + L_f} = \frac{240 + 0}{400 + 0} = 0,6$$

En nuestro catálogo tenemos tres diferentes "R" que son $R=0$, $R=0,7$ y $R=1$ con lo cual tendríamos que irnos a $R=0,7$ que es la inmediatamente superior.

- 2- Una vez identificada la relación fase-tierra, y sabiendo que nuestro apoyo a comprobar es doble circuito y con una separación de fases superior a 1,25, ya tenemos nuestro gráfico seleccionado:



- 3- Buscamos nuestro valor en la gráfica, hay que entrar con los valores por fase ya que el valor de tierra ira en función del tipo de "R" que tenga la gráfica. Como se puede observar el valor de $T=400$ y $L=0$ queda por encima de la recta del MA.2500, con lo cual nuestro apoyo seleccionado sería el MA.3000.

Hipótesis Hielo

Este diagrama se corresponde con la hipótesis segunda establecida en la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

El diagrama indica los esfuerzos transversales, longitudinales o la combinación de ambos, que soporta el apoyo en cada cruceta, incluyendo el esfuerzo vertical nominal descrito en los árboles de carga y con un coeficiente de seguridad de 1,5.

Los esfuerzos reflejados en cada diagrama están en función de:

- Tipo de montaje (doble circuito o simple circuito)
- Separación de crucetas "b"
- Relación esfuerzos tierra/fase ($R=0$, $R=0,7$, $R=1$)

Ejemplo de utilización:

Si tenemos un apoyo de simple circuito, con una separación de fases de cálculo de 1,25 m, con los siguientes esfuerzos por fase para la hipótesis de hielo con seguridad normal:

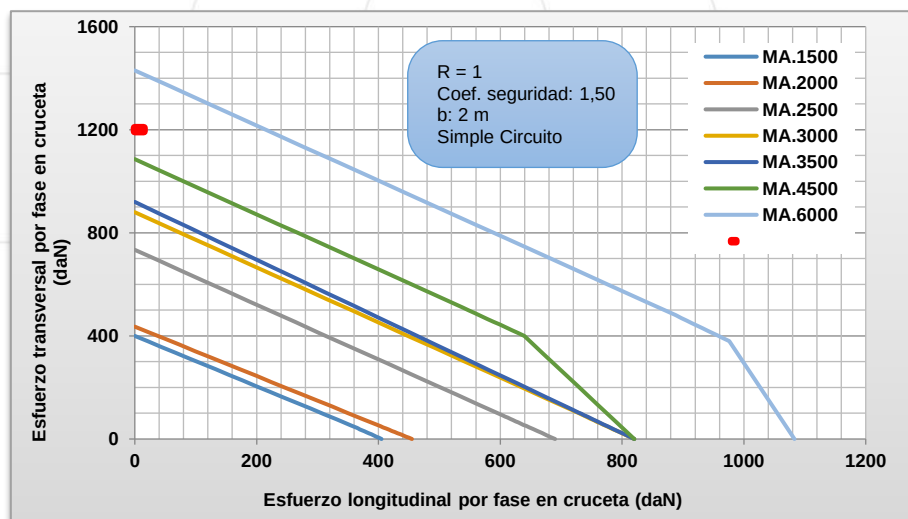
	V	T	L
Fase	355	1200	0
Tierra	319	980	0

- 1- Calculamos la relación fase-tierra según los esfuerzos.

$$R = \frac{T_t + L_t}{T_f + L_f} = \frac{980 + 0}{1200 + 0} = 0,82$$

En nuestro catálogo tenemos tres diferentes "R" que son $R=0$, $R=0,7$ y $R=1$ con lo cual tendríamos que irnos a $R=1$ que es la inmediatamente superior.

- 2- Una vez identificada la relación fase-tierra, y sabiendo que nuestro apoyo a comprobar es simple circuito y con una separación de fases superior a 1,25, ya tenemos nuestro gráfico seleccionado:



- 3- Buscamos nuestro valor en la gráfica, hay que entrar con los valores por fase ya que el valor de tierra ira en función del tipo de "R" que tenga la gráfica. Como se puede observar el valor de $T=1200$ y $L=0$ queda por encima de la recta del MA.4500, con lo cual nuestro apoyo seleccionado sería el MA.6000.

Hipótesis Desequilibrio de Tracciones

Este diagrama se corresponde con la tercera hipótesis establecida en la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

El diagrama indica los esfuerzos transversales, longitudinales o la combinación de ambos, que soporta el apoyo en cada cruceta, incluyendo el esfuerzo vertical nominal descrito en los árboles de carga y con un coeficiente de seguridad de 1,2.

Los esfuerzos reflejados en cada diagrama están en función de:

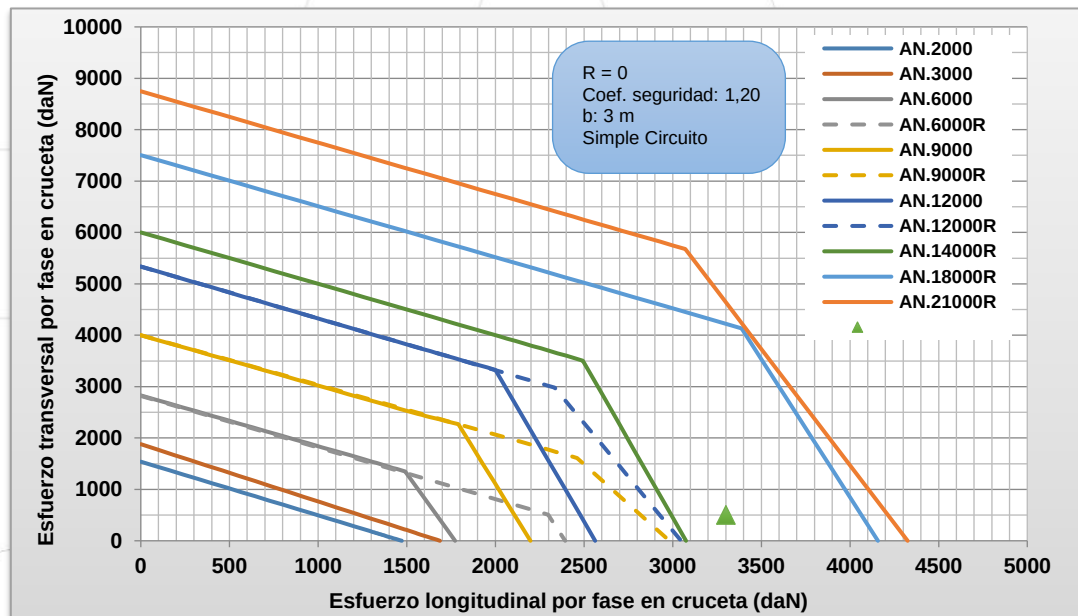
- Tipo de montaje (doble circuito o simple circuito).
- Separación de crucetas "b".
- Relación esfuerzos tierra/fase ($R=0$, $R=0,7$, $R=1$).

Ejemplo de utilización:

Si tenemos un apoyo de simple circuito, con una separación de fases de cálculo de 2,8 m, con los siguientes esfuerzos por fase para la hipótesis de desequilibrio y sin conductor de tierra:

	V	T	L
Fase	950	500	3300
Tierra	-	-	-

- 1- Calculamos la relación fase-tierra según los esfuerzos. Como en este caso no tenemos tierra sería $R=0$.
- 2- Una vez identificada la relación fase-tierra, y sabiendo que nuestro apoyo a comprobar es simple circuito y con una separación de fases superior a 2,8, ya tenemos nuestro gráfico seleccionado:



- 3- Buscamos nuestro valor en la gráfica, hay que entrar con los valores por fase ya que el valor de tierra ira en función del tipo de "R" que tenga la gráfica. Como se puede observar el valor de $T=500$ y $L=3300$ queda por encima de la recta del AN.14000R, con lo cual nuestro apoyo seleccionado sería el AN.18000R.

Hipótesis Rotura de conductor de fase

Éste diagrama se corresponde con la cuarta hipótesis establecida en la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

El diagrama indica los esfuerzos transversales, longitudinales o la combinación de ambos, que soporta el apoyo con la rotura de un conductor, incluyendo el esfuerzo vertical nominal descrito en los árboles de carga y con un coeficiente de seguridad de 1,2. Los valores mostrados en la gráfica corresponden con la fase rota.

Los esfuerzos reflejados en cada diagrama están en función de:

- Tipo de montaje (doble circuito o simple circuito)
- Separación de crucetas "b"
- Longitud de crucetas "a"
- Relación esfuerzos tierra/fase ($R=0$, $R=0,7$, $R=1$)

Ejemplo de utilización:

Si tenemos un apoyo de doble circuito, con una separación de fases de cálculo de 5,2 m, y una longitud de cruceta de 4,9 m, con los siguientes esfuerzos por fase para la hipótesis de rotura de conductores:

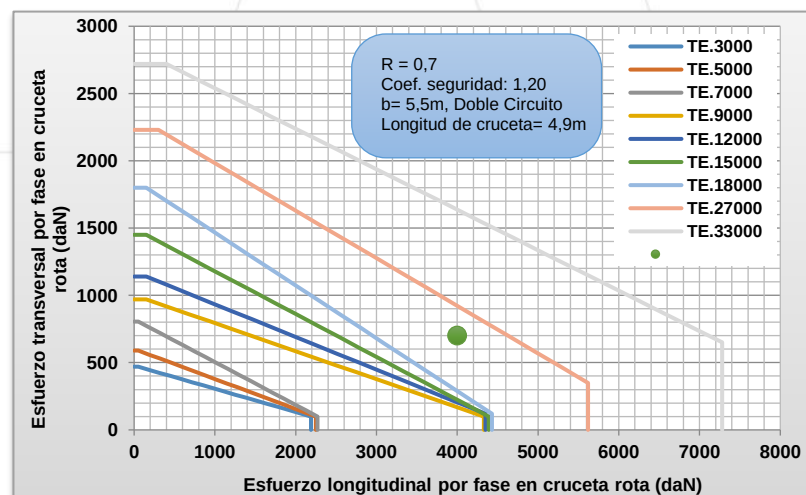
	V	T	L
Fase Rota / Fase Sana	600/1200	700/1400	4000/0
Tierra	1200	950	0

- 1- Calculamos la relación fase-tierra según los esfuerzos.

$$R = \frac{T_{\text{tierra SANA}}}{T_{\text{fase SANA}}} = \frac{950}{1400} = 0,68$$

En nuestro catálogo tenemos tres diferentes "R" que son $R=0$, $R=0,7$ y $R=1$ con lo cual tendríamos que irnos a $R=0,7$ que es la inmediatamente superior.

- 2- Una vez identificada la relación fase-tierra, y sabiendo que nuestro apoyo a comprobar es doble circuito, con una separación de fases superior a 5,2m y una longitud de cruceta de 4,9m, ya tenemos nuestro grafico seleccionado:



- 3- Buscamos nuestro valor en la gráfica, hay que entrar con los valores por fase ROTA ya que el valor de tierra ira en función del tipo de "R" que tenga la gráfica. Como se puede observar el valor de $T=700$ y $L=4000$ queda por encima de la recta del TE.18000, con lo cual nuestro apoyo seleccionado sería el TE.33000.

Hipótesis Rotura de conductor de tierra

Este diagrama se corresponde con la cuarta hipótesis establecida en la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

El diagrama indica los esfuerzos transversales, longitudinales o la combinación de ambos, que soporta el apoyo con la rotura del conductor de tierra, incluyendo el esfuerzo vertical nominal descrito en los árboles de carga y con un coeficiente de seguridad de 1,2. Los valores mostrados en la gráfica corresponden con la tierra rota.

Los esfuerzos reflejados en cada diagrama están en función de:

- Tipo de montaje (doble circuito o simple circuito)
- Separación de crucetas "b"
- Altura cúpula "h"
- Relación esfuerzos tierra/fase (R=0,7, R=1)

Ejemplo de utilización:

Si tenemos un apoyo de simple circuito, con una separación de fases de cálculo de 3,2 m, y una altura de cúpula de 6,6m, con los siguientes esfuerzos por fase para la hipótesis de rotura de tierra:

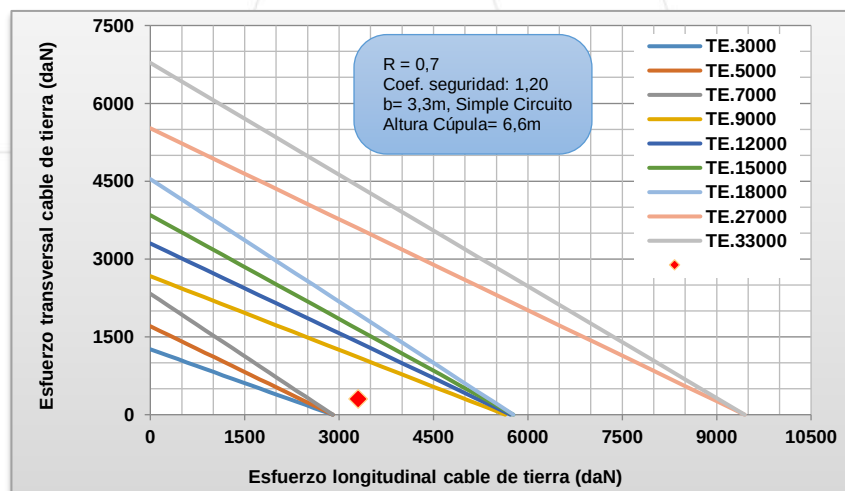
	V	T	L
Fase Sana	1200	450	0
Tierra Rota	600	300	3300

- 4- Calculamos la relación fase-tierra según los esfuerzos.

$$R = \frac{T_{tierra\ ROTA}}{T_{fase\ SANA}} = \frac{300}{450} = 0,67$$

En nuestro catálogo tenemos tres diferentes "R" que son R=0,7 y R=1 con lo cual tendríamos que irnos a R=0,7 que es la inmediatamente superior.

- 5- Una vez identificada la relación fase-tierra, y sabiendo que nuestro apoyo a comprobar es simple circuito, con una separación de fases superior a 3,2m y una altura de cúpula de 6,6m, ya tenemos nuestro grafico seleccionado:



- 6- Buscamos nuestro valor en la gráfica, hay que entrar con los valores de tierra ya que el valor de fase ira en función del tipo de "R" que tenga la gráfica. Como se puede observar el valor de T=300 y L=3300 queda por encima de la recta del TE.7000, con lo cual nuestro apoyo seleccionado sería el TE.9000.



Andel

ANDEL, S.A.

Carretera de Baeza, Km.1,2 - 23100 Mancha Real - Jaén

T.+34 953 350 002 - +34 953 355 070

comercial@andelsa.es/andelsa.es

MULHACÉNEVEREST TEIDE
ANETOMÁGINA MONTBLANC