

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Datos generales del documento:

Nombre del Instructivo:	Determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión
Código:	I.03.PAV.02.01.02
Macro proceso:	PAV.02 Desarrollar obras de infraestructura eléctrica
Proceso:	PAV.02.01 Programar y diseñar obras de infraestructura.
Subproceso:	PAV.02.01.02 Diseñar líneas de transmisión
Versión:	1.0

Control de aprobaciones:

	Nombres	Cargos	Firmas
Elaborado por:	Ing. Tito Bravo	Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión	 28-04-2017
Revisado por:	Ing. Hugo Villacís	Subgerente de proyectos de expansión	
	Ing. Ana Chafla	Subgerente de gestión organizacional	
	Ing. Gabriela Nieto	Jefe Dpto. de programación, seguimiento y calidad	
Aprobado por:	Ing. Geovanny Pardo	Gerente de unidad de negocio CELEC EP TRANSELECTRIC	

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Tabla de contenido

1	Objetivo.....	4
2	Alcance	4
3	Responsabilidades	4
4	Definiciones.....	5
5	Desarrollo del instructivo.....	6
5.1	Diagrama de flujo.....	6
5.2	Descripción de tareas	8
6	Referencias.....	12
7	Formatos y anexos	13
8	Historial de cambios.....	14
	Anexo 1: Hipótesis de peso	15
1.	Peso de la estructura.....	15
2.	Peso por fase.....	15
3.	Peso cable de guarda.....	15
4.	Sobrecarga vertical.....	16
	Anexo 2: Hipótesis de cargas de viento.....	17
1.	Irregularidad del terreno	17
2.	Presiones de viento	18
	Anexo 4: Hipótesis de sobrecarga longitudinal.....	21
1.	Criterios de cálculo	21
2.	Alternativas	21
	Anexo 5: Previsiones por carga de tendido	22
1.	Criterios de cálculo	22
2.	Casos.....	22
	Anexo 6: Combinaciones de cargas.....	23

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

1. Estructuras de suspensión	23
2. Estructuras de anclaje	24
3. Estructuras de remate	24
Anexo 7 Factores de sobrecarga	26
Anexo 8 Ejemplo de plano con árboles de carga	26
Anexo 9: Normas de referencia complementarias	28

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

1 Objetivo

Determinar los árboles de carga necesarios para el diseño de los diferentes tipos de estructuras metálicas autoportantes de líneas de transmisión, en base a las hipótesis de cargas mecánicas que actúan sobre las estructuras.

2 Alcance

El instructivo se aplica a las estructuras metálicas autoportantes, por ser las más utilizadas en líneas de transmisión las mismas que tienen la función de sostener a los conductores, cables de guarda, aisladores, herrajes y accesorios. Se considerarán tres tipos de estructuras, de acuerdo a su función: suspensión, anclaje y remate.

El instructivo está dirigido a los ingenieros de diseño electromecánico de líneas de transmisión de la Subgerencia de proyectos de expansión de CELEC EP TRANSELECTRIC.

El instructivo inicia con la definición del o los responsables del trabajo y termina con la elaboración de los planos de árboles de carga por estructura tipo.

3 Responsabilidades

Cargo	Responsabilidad
Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión	<p>Elaborar el instructivo de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Corporación.</p> <p>Asegurar el cumplimiento del instructivo. El responsable del proceso debe supervisar que el instructivo se cumpla, así mismo, debe coordinar que el mismo sea revisado, aprobado, difundido y subida la documentación que se genera en el instructivo, a la estructura documental del IFS.</p>
<p>Subgerente de proyectos de expansión</p> <p>Subgerente de gestión organizacional</p> <p>Jefe Dpto. de programación, seguimiento y calidad</p>	<p>Revisar que el presente instructivo y la documentación asociada al mismo cumpla con los lineamientos establecidos en la Corporación.</p>

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Cargo	Responsabilidad
Gerente de la unidad de negocio CELEC EP TRANSELECTRIC	Aprobar el instructivo y autorizar su difusión

4 Definiciones

- **Aislador:** Dispositivo destinado a aislar eléctricamente y sujetar mecánicamente un equipo o conductores sometidos a potenciales diferentes.
- **Amortiguadores:** Elementos mecánicos que absorben las vibraciones producidas por las diferentes perturbaciones que se puedan presentar en los conductores.
- **Árboles de carga:** Esquemas en el que se muestran los esfuerzos perpendiculares, longitudinales y transversales que actúan sobre los componentes de las estructuras de líneas de transmisión y sus cimentaciones.
- **Cable de guarda:** Es un conductor tendido en paralelo y sobre los conductores de fase de una línea de transmisión. Se encuentra ubicado en la parte superior de la estructura, de tal forma de cubrir o apantallar los conductores de fase de las descargas atmosféricas.
- **Carga de viento:** Carga horizontal ejercida por el viento sobre un elemento de la línea con o sin presencia de hielo.
- **Carga longitudinal:** Componente longitudinal de una carga cualquiera aplicada al apoyo en un punto dado, en un sistema de coordenadas tridimensional ligado al apoyo.
- **Carga transversal:** Componente transversal de una carga cualquiera aplicada al apoyo en un punto dado, en un sistema de coordenadas tridimensional ligado al apoyo.
- **Carga vertical:** Componente vertical de una carga cualquiera aplicada al apoyo en un punto dado, en un sistema de coordenadas tridimensional ligado al apoyo.
- **Conductor:** Es un elemento cableado en el que los alambres individuales están reunidos en hélice, en una o varias capas concéntricas diferentes y generalmente tienen una forma helicoidal.
- **Fuerza horizontal:** Es la componente horizontal de la tensión del cable a una temperatura dada. Es un valor constante en todos los puntos del mismo vano.
- **Hipótesis de carga:** Conjunto de solicitaciones que deben considerarse para el cálculo de cada elemento de una línea.
- **IEC:** International Electrotechnical Commission
- **INECEL:** ex Instituto Ecuatoriano de Electrificación
- **Longitud del vano:** Distancia horizontal entre los puntos de sujeción del conductor en dos apoyos consecutivos
- **Peso unitario:** Es el peso por unidad lineal del conductor, expresado en kilogramos/metro.
- **Solicitaciones:** Término empleado en ingeniería estructural para designar algún tipo de acción o fenómeno externo que afecta a una estructura y necesita ser tenido en cuenta en los cálculos estructurales.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

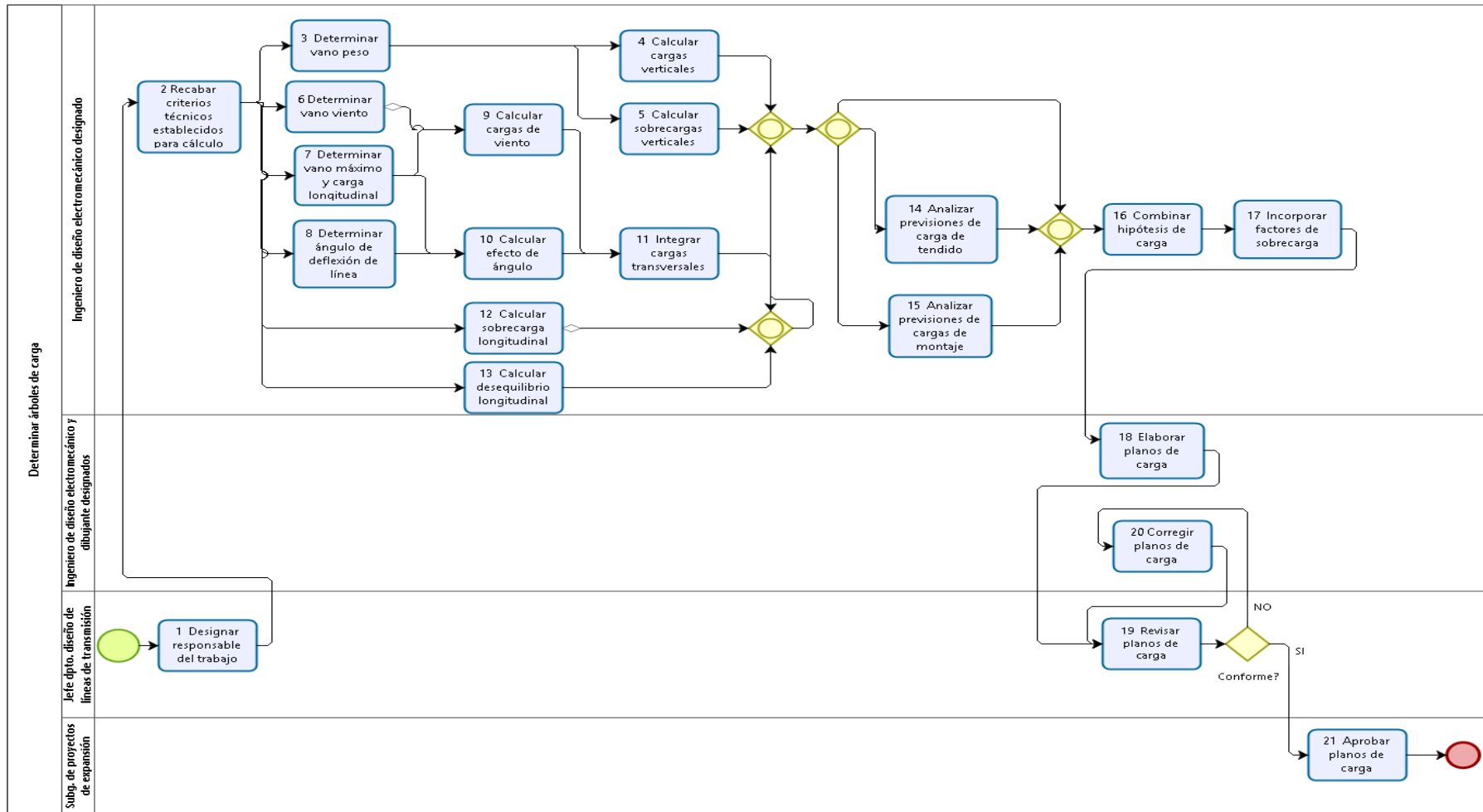
- **Vano:** Parte de la línea comprendida entre dos estructuras adyacentes de sujeción de un conductor.
- **Vano máximo:** Es la máxima longitud de vano de cada estructura para evitar acercamientos entre conductores, a medio vano.
- **Vano peso:** Es la longitud del vano considerada para determinar la acción del peso que los cables transmiten a una estructura, y representa la distancia horizontal que hay entre los puntos más bajos de las catenarias de los vanos contiguos a la estructura.
- **Vano viento:** Es la semisuma de la longitud de los vanos adyacentes a una estructura.

5 Desarrollo del instructivo

5.1 Diagrama de flujo

El diagrama está en formato magnético y se encuentra subido en el sistema IFS.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión



Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

5.2 Descripción de tareas

Nota: El tiempo estimado para realizar los cálculos, hasta la elaboración de los planos, es de diez (10) días laborables por cada tipo de torre.

No	Tareas	Descripción	Responsable	Documentación asociada
1	Designar responsables del trabajo	El Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión define el o los ingenieros de diseño electromecánico y dibujante responsables de realizar el análisis de los árboles de carga de las estructuras de la línea y de elaborar los planos, respectivamente.	Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión	Memorando de designación
2	Recabar criterios técnicos establecidos para cálculo	Para efectos de los cálculos de cargas en las estructuras tipo, se deberán considerar los criterios aplicables establecidos en la guía G.XX.PAV.02.01.02.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Guía G.01.PAV.02.01.02.
3	Determinar vano peso	Se determina el vano peso para cada estructura tipo. Para determinar el peso que los cables transmiten a una estructura tipo, se debe considerar la distancia horizontal que hay entre los puntos más bajos de las catenarias de los vanos contiguos a la estructura.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 1: Hipótesis de peso
4	Calcular cargas verticales	Se calculan las cargas verticales para todas las estructuras tipo, para determinar las cargas verticales correspondientes al peso de la estructura, de los conductores, del cable de guarda y las sobrecargas verticales, de conformidad con lo establecido en el Anexo 1: Hipótesis de peso	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 1: Hipótesis de peso
5	Calcular sobrecargas verticales	Se calculan las sobrecargas verticales para todas las estructuras tipo. Se consideran las cargas verticales igual al peso de uno o varios conductores por fase, empleando el vano peso correspondiente, aplicadas en los puntos de suspensión o anclaje de la fase, o igual al peso del cable de guarda aplicado en el punto de sujeción de éste.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 1: Hipótesis de peso

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

No	Tareas	Descripción	Responsable	Documentación asociada
		Para el efecto se utilizará el numeral 4 "Sobrecarga vertical" del Anexo 1: Hipótesis de peso		
6	Determinar vano viento	Para determinar el vano viento, para cada estructura tipo, se aplicará la siguiente fórmula: $V_v = (V_1 + V_2)/2$ En donde: Vv: Vano viento en metros V1: vano adyacente 1 V2: Vano adyacente 2.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	No aplica
7	Determinar vano máximo y carga longitudinal	El vano máximo, para cada estructura tipo, se lo determina en función de la topografía del terreno. Una vez determinado el vano máximo se calcula la flecha en medio vano, con la cual se calcula la carga longitudinal que actúa sobre la estructura tipo, debido a la presión del viento sobre los conductores.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	No aplica
8	Determinar ángulo de deflexión de línea	En base a la topografía del terreno se determinan los ángulos máximos de deflexión (desviación longitudinal) de línea para cada estructura tipo.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	No aplica
9	Calcular cargas de viento	Se determinan, para todas las estructuras tipo, las cargas a causa de la velocidad y turbulencia del viento sobre los conductores y cables de guardia, estructuras, aisladores, y otros elementos de la línea de transmisión. Para el efecto se utiliza el Anexo 2: Hipótesis de cargas de viento	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 2: Hipótesis de cargas de viento
10	Calcular efecto de ángulo	Se calcula el efecto de ángulo para todas las estructuras tipo. Se debe considerar que, en cualquier estructura, la línea tiene un ángulo de desviación mínimo de 1°. Se deben considerar como fuerzas transversales aplicadas en los puntos de suspensión o de	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 3: Hipótesis de efecto de ángulo

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

No	Tareas	Descripción	Responsable	Documentación asociada
		<p>anclaje de los conductores y cables de guarda respectivamente.</p> <p>Para el efecto se utiliza el Anexo 3: Hipótesis de efecto de ángulo</p>		
11	Integrar cargas transversales	En cada tipo de estructuras se sumarán las cargas transversales debidas al viento y al efecto de ángulo.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	No aplica
12	Calcular sobrecarga longitudinal	<p>Para todas las estructuras tipo se calcula la carga que se producirá por efecto de conductores o cables de guarda rotos, en un vano adyacente a la estructura.</p> <p>Para el efecto se utiliza el Anexo 4: Hipótesis de sobrecarga longitudinal</p>	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 4: Hipótesis de sobrecarga longitudinal
13	Calcular desequilibrio longitudinal	<p>Se calculará el desequilibrio longitudinal para todas las estructuras tipo, como fuerza horizontal en la dirección del vano, adyacente a la estructura, aplicada en los puntos de suspensión o anclaje de los conductores y cables de guarda, respectivamente.</p> <p>El valor de estas fuerzas debe calcularse según se indica a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Para estructuras de suspensión: 20% de la tensión mecánica normal final de los conductores y cables de guarda. b. Para las otras estructuras: 50% de la tensión mecánica máxima inicial de los conductores y cables de guarda. c. Estas fuerzas se deberán considerar aplicadas simultáneamente en todos los conductores y cables de guarda. <p>Para estructuras terminales, las cargas longitudinales se calcularán como fuerzas</p>	Ingeniero de diseño electromecánico designado	No aplica

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

No	Tareas	Descripción	Responsable	Documentación asociada
		<p>horizontales que actúan simultáneamente en dirección perpendicular al eje de las crucetas.</p> <p>Estas fuerzas se considerarán aplicadas en los puntos de anclaje de los conductores y cables de guarda y su valor será igual a la tensión mecánica inicial de los conductores y cables de guarda.</p>		
14	Analizar previsiones de carga de tendido	<p>Para el cálculo de esta carga, para cada estructura tipo, se deberá incluir los esfuerzos derivados del empleo de las estructuras de anclaje como remate provisorio durante la construcción o mantenimiento, reforzadas o no con tirantes provisorios.</p> <p>Para el efecto se utiliza el Anexo 5: Previsiones de cargas de tendido</p>	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 5: Previsiones de cargas de tendido
15	Analizar previsiones de cargas de montaje	<p>El proyectista de la estructura proporciona las instrucciones de montaje para cada tipo de estructura y fija el valor de las cargas que se vayan a producir.</p> <p>Para cada estructura tipo, en el cálculo, por lo menos deberá considerarse un peso de 250 kg en cualquier nudo de la cruceta y uno de 150 kg en cualquier punto de la estructura, excepto en barras que formen un ángulo mayor que 45° con la horizontal.</p>	Ingeniero de diseño electromecánico designado	No aplica
16	Combinar hipótesis de carga	Se procede a combinar las cargas a diferentes condiciones de temperatura y viento para identificar los esfuerzos a utilizarse en el diseño de las estructuras tipo, utilizando lo establecido en el Anexo 6: Combinaciones de carga.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 6: Combinaciones de carga
17	Incorporar factores de sobrecarga	Se determinan los factores de sobrecarga a ser utilizados en el diseño de las estructuras, aplicando lo establecido en la tabla que consta en el Anexo 7: Factores de Sobrecarga.	Ingeniero de diseño electromecánico designado	Anexo 7: Factores de sobrecarga
18	Elaborar planos de carga	Los resultados obtenidos en los pasos anteriores se documentan en los planos correspondientes, de conformidad con la estructura tipo, según se	Ingeniero de diseño electromecánico	Anexo 8: Ejemplo de plano con árboles de carga.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

No	Tareas	Descripción	Responsable	Documentación asociada
		ejemplifica en el Anexo 8: Ejemplo de plano con árboles de carga.	y dibujante designados.	Planos de carga de estructuras que incorpora los resultados de las tareas anteriores.
19	Revisar planos de carga	<p>El Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión revisará el documento en un tiempo estimado de cinco (5) días laborables.</p> <p>Si existen observaciones, el plano será devuelto al ingeniero de diseño electromecánico designado para que se realicen los ajustes que corresponda.</p> <p>Si no hay observaciones al plano, el mismo deberá ser puesto a consideración y aprobación del Subgerente de proyectos de expansión.</p>	Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión.	
20	Corregir planos de carga	En caso de haber alguna observación, el ingeniero de diseño electromecánico hará las correcciones necesarias y lo entregará nuevamente al Jefe del departamento de diseño de líneas de transmisión en un tiempo estimado de diez (10) días laborables.	Ingeniero de diseño electromecánico y dibujante designados.	Planos de carga corregidos.
21	Aprobar planos de carga	El subgerente de proyectos de expansión se pronunciará sobre la aprobación de los planos de carga recibidos del Jefe de diseño de líneas de transmisión, en un tiempo estimado de dos (2) días laborables.	Subgerente de proyectos de expansión	Planos de carga aprobados.

6 Referencias

Código del documento o Norma	Nombre del documento o norma
G.01.PAV.02.01.02	Cálculo mecánico de conductores
IEC 60826	Criterios de diseño de líneas aéreas de transmisión
INECEL	Normas de proyecto para las líneas de 230 kV

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Nota: Se incluye el Anexo 9: Normas de referencia complementarias que incluye normas que no están referenciadas en el instructivo pero que, por ser relacionadas con el tema, pueden ser de interés.

7 Formatos y anexos

Código	Nombre	Ubicación	Tiempo de retención
A1.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 1: Hipótesis de peso	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A2.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 2: Hipótesis de cargas de viento	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A3.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 3: Hipótesis de efecto ángulo	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A4.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 4: Hipótesis de sobrecarga longitudinal	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A5.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 5: Previsiones por cargas de tendido	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A6.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 6: Combinaciones de carga	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A7.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 7: Factores de sobrecarga	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente
A8.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 8: Ejemplo de plano con árboles de carga.	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Código	Nombre	Ubicación	Tiempo de retención
A8.I.03.PAV.02.01.02	Anexo 9: Normas de referencia complementarias	Departamento de diseño de líneas de transmisión	Permanente

8 Historial de cambios

No. Versión	Fecha	Cambio
1.0	02-05-2017	Documento original

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexos

Anexo 1: Hipótesis de peso

Código: A1.I.03.PAV.02.01.02

1. Peso de la estructura

Al peso de la estructura debe añadirse un peso de 150 kg correspondiente a un operario ubicado en cualquier punto de ella, excepto en barras que formen un ángulo mayor que 45° con la horizontal.

2. Peso por fase

Se deberá considerar el peso de uno o varios conductores por fase, aisladores, accesorios, pesos adicionales, amortiguadores, etc., aplicado en los puntos de suspensión o anclaje de la fase.

El peso del conductor P_c , se calculará con la siguiente fórmula:

$$P_c = V_p \times P_u, \text{ donde:}$$

V_p : vano peso, m

P_u : peso unitario, kg/ m

Alternativamente se considerará aplicada esta carga en un punto de suspensión provisoria, cuya ubicación deberá ser fijada por el proyectista de la estructura en un punto adecuado para facilitar los trabajos de montaje y reparación.

3. Peso cable de guarda

Se considerará el peso del cable de guarda con sus accesorios de fijación y protección aplicados en los puntos de sujeción de éste.

Para el cálculo del peso de los conductores y cables de guardas se empleará el vano de peso máximo positivo o negativo correspondiente a la estructura.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

4. Sobrecarga vertical

Consistirá en cargas verticales iguales al peso de uno o varios conductores por fase, empleando el vano peso correspondiente, aplicadas en los puntos de suspensión o anclaje de la fase, o igual al peso del cable de guarda aplicado en el punto de sujeción de éste.

Esta sobrecarga se deberá considerar aplicada a la estructura de la siguiente manera:

a) En estructuras para doble circuito, en cualquiera de las siguientes alternativas:

- Sobre dos haces de conductores cualesquiera.
- Sobre un haz de conductor y un cable de guarda cualesquiera.
- Sobre dos cables de guarda (si existe más de uno).

b) En estructuras para simple circuito:

- Sobre un haz de conductor cualquiera o un cable de guarda.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 2: Hipótesis de cargas de viento

Código: A2.I.03.PAV.02.01.02

Para el presente anexo se considerará que la velocidad del viento VR tiene un valor de 90 km/h, para un periodo de retorno T de 50 años.

Sin embargo el diseñador deberá considerar que la velocidad del viento y la turbulencia dependen de la irregularidad del terreno.

1. Irregularidad del terreno

La siguiente tabla (A2.1) corresponde a los cuatro tipos de categorías de terreno que se consideran en la norma IEC60826:

Categoría del terreno	Características de irregularidad	*KR
A	Grandes tramos de ceñida de agua, las zonas costeras planas.	1,08
B	Dentro de un país con muy poco obstáculo, por ejemplo aeropuertos o campos cultivados con pocos árboles o edificios.	1,00
C	Terreno con numerosos obstáculos pequeños de poca altura (arboles, edificios, etc.)	0,85
D	Áreas suburbanas o terrenos con muchos árboles altos.	0,67

Tabla A2.1: Características de irregularidad del terreno

FUENTE: Norma IEC60826

En la Tabla A2.1 el factor de irregularidad KR representa un multiplicador de velocidad del viento que se toma como referencia que permite la conversión de una categoría de terreno a otra.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Referencia de la velocidad del viento VR: VR se define como la referencia de velocidad del viento [m/s], corresponde a un periodo de retorno T. Usualmente VR se la mide en estaciones meteorológicas de terrenos tipo B y corresponde a la velocidad del viento a 10 m/s sobre el suelo y con un periodo medio de 10 min.

2. Presiones de viento

- En general se considerará el efecto del viento sobre la estructura, conductores, cables de guarda, aisladores y otros elementos expuestos a la acción del viento. Las solicitaciones se asimilarán a fuerzas horizontales.
- Se supondrá el viento actuando a 0° y 90° con respecto al eje de la línea o a la normal de la bisectriz del ángulo de la línea.
- Para la condición de viento máximo se calculará con el total de la presión de viento Q_0 indicada antes; para la condición viento medio con $0,5 Q_0$ y para la condición viento un cuarto con $0,25 Q_0$.

Se considerarán las siguientes presiones de viento, Q_0 :

- Conductores y cables de guarda (sobre su superficie diametral): 39 kg/m^2 .
- Estructuras metálicas hechas de reticulado de perfiles
(Sobre superficie directamente atacada): 80 kg/ m^2 .
- Aisladores (sobre la superficie diametral del cilindro envolvente): 50 kg/ m^2 .

La presión efectiva Q producida por el viento se calculará de la siguiente manera:

$Q = Q_0 \times \cos\beta$, donde;

Q: presión efectiva provocada por el viento, kg/ m^2

Q_0 : presión del viento indicada para cada elemento, kg/ m^2

β : ángulo entre la dirección del viento y la normal a la superficie afectada.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Para el caso de viento sobre la estructura, aisladores y otros elementos, la carga debida a la presión Q , para la condición de viento que corresponda, se considerará normal a la superficie y aplicada a cada tramo de la estructura.

Para las cargas o superficies protegidas de la estructura se adoptará una presión de viento igual al 50% de la aplicada sobre la superficie directamente atacada.

La carga debida al viento sobre un conductor o cable de guarda para los dos vanos adyacentes a la estructura se calculará según:

$$F = n * Q * Vv * d * 10^{-3}$$

Donde:

F = Fuerza transversal en kg

n = número de conductores del haz

Q = presión definida para la condición de viento de que se trate, kg/m²

Vv = longitud del vano viento de la estructura, m.

d = diámetro del conductor o cable de guarda, mm.

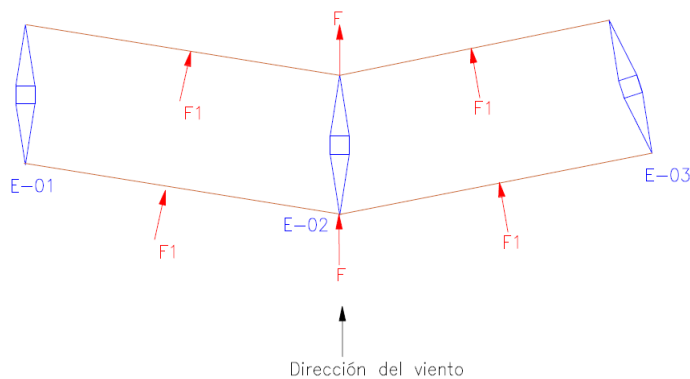


Figura A2.1: *Viento sobre los conductores y cables de guarda*

Como se puede apreciar en la figura A2.1, la carga $F1$ se considerará normal al plano vertical que contiene el vano y aplicada en el punto de suspensión o anclaje de los conductores y en el punto de sujeción de los cables de guarda, respectivamente.

Para los dos vanos adyacentes a la estructura la carga total por conductor o cable de guarda será la resultante F de las cargas $F1$ correspondiente a cada vano.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 3: Hipótesis de efecto de ángulo

Código: A3.I.03.PAV.02.01.02

Se considerará que en cualquier estructura la línea se tiene un ángulo longitudinal mínimo de 1°.

Se las deberá calcular como fuerzas horizontales aplicadas en los puntos de suspensión o de anclaje de los conductores y cables de guarda. El valor y dirección de estas fuerzas será igual a las de la resultante de las tensiones mecánicas iniciales de servicio de los conductores y cables de guarda (no cortado) de ambos vanos adyacentes a la estructura, correspondiente a la combinación de solicitaciones de que se trate, según se indica en el anexo 6.

En el caso de que las tensiones de los vanos adyacentes sean iguales, la resultante se calculará según la siguiente fórmula:

$$R = 2 * n * T * \text{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Donde:

R = Tensión resultante, kg.

T = Tensión inicial de servicio de los conductores o cables de guarda, kg.

α = Ángulo de línea.

n = número de conductores del haz.

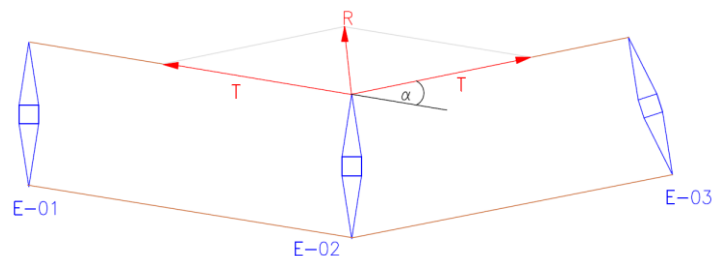


Figura A3.1: Efecto de ángulo

Como se aprecia en la figura A3.1, el ángulo a considerar podrá tener cualquier valor entre los límites que se indiquen para cada tipo de estructura.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 4: Hipótesis de sobrecarga longitudinal

Código: A4.I.03.PAV.02.01.02

1. Criterios de cálculo

Esta carga se producirá por efecto de conductores o cables de guarda rotos en un vano adyacente a la estructura.

Consistirá en fuerzas horizontales, en la dirección del vano, aplicadas en el punto de suspensión o anclaje de los conductores y en el punto de sujeción de los cables de guarda, respectivamente. El valor de estas fuerzas se deberá calcular según los siguientes criterios:

- a) Para estructuras de suspensión: la tensión mecánica normal final de los conductores y cables de guarda.
- b) Para las otras estructuras: la tensión mecánica máxima inicial de los conductores y cables de guarda.

2. Alternativas

Se considerarán las siguientes alternativas.

a) En estructuras para doble circuito:

- Rotura de uno o dos cables de guarda (si existe más de uno)
- Rotura de un conductor o de los conductores de un haz de dos fases cualesquiera simultáneamente y en cualquier combinación
- Rotura de conductor de una fase o de un haz de conductores y la de un cable de guarda simultáneamente y en cualquier combinación.

b) En estructuras para simple circuito:

- Rotura de un conductor o de un haz de conductores de una fase cualquiera
- Rotura del cable de guarda

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 5: Previsiones por carga de tendido

Código: A5.I.03.PAV.02.01.02

1. Criterios de cálculo

Esta carga incluye los esfuerzos derivados del empleo de las estructuras de anclaje como remate provisorio, reforzadas o no con tirantes provisorios.

El proyectista de las estructuras deberá indicar si las estructuras de anclaje requieren el refuerzo de tirantes de montaje provisorios. Si éstos fuesen necesarios el proyectista de la estructura deberá indicar la disposición de estos tirantes y determinar las solicitudes derivadas de su empleo. En todo caso estos tirantes se deberán fijar a la estructura en puntos especialmente dispuestos para ese objeto, situados de modo que no se interfiera el montaje de las cadenas de aisladores.

2. Casos

Se considerarán los siguientes casos:

- a) **Para estructuras de simple circuito:** remate de uno hasta el total de conductores y cables de guarda de un vano adyacente a la estructura, y considerará todos o ninguno de los conductores y cables de guarda del otro vano rematados a la estructura.

- b) **Para estructuras de doble circuito:** remate desde uno hasta el total de cables de guarda y remate desde uno hasta el total de conductores pertenecientes a uno de los circuitos a instalar, en todas las combinaciones posibles, considerando todos o ninguno de los cables de guarda y conductores del circuito correspondiente del otro vano rematados a la estructura.

Se considerarán los conductores y cables de guarda con la tensión mecánica inicial para la combinación de cargas.

Simultáneamente se aplicará un peso de 400 kg en los puntos de anclaje en cualesquiera los dos circuitos.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 6: Combinaciones de cargas

Código: A6.I.03.PAV.02.01.02

Las combinaciones de carga se establecen para las estructuras de suspensión, anclaje y terminales (Tablas A6.1, A6.2 y A6.3)

1. Estructuras de suspensión

CASOS	COMBINACIONES	CONDICIONES DE VIENTO Y TEMPERATURA
Caso 1	Cargas verticales Cargas transversales	Viento máximo Temperatura mínima
Caso 2	Cargas verticales Sobrecarga vertical Cargas transversales	Viento un cuarto Temperatura media
Caso 3	Cargas verticales Sobrecarga longitudinal Cargas transversales	Viento un cuarto Temperatura media
Caso 4	Cargas verticales Desequilibrio longitudinal Cargas transversales	Viento medio Temperatura mínima
Caso 5	Cargas de montaje	No aplica

Tabla A6.1: *Estructuras de suspensión*

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

2. Estructuras de anclaje

CASOS	COMBINACIONES	CONDICIONES DE VIENTO Y TEMPERATURA
Caso 1	Cargas verticales Cargas transversales	Viento máximo Temperatura mínima
Caso 2	Cargas verticales Sobrecarga vertical Cargas transversales	Viento un cuarto Temperatura media
Caso 3	Cargas verticales Sobrecarga longitudinal Cargas transversales	Viento un cuarto Temperatura media
Caso 4	Cargas verticales Desequilibrio longitudinal Cargas transversales	Viento medio Temperatura mínima
Caso 5	Cargas verticales Carga de tendido Cargas transversales	Viento un cuarto Temperatura mínima
Caso 6	Carga de montaje	No aplica

Tabla A6.2: Estructuras de anclaje

3. Estructuras de remate

CASOS	COMBINACIONES	CONDICIONES DE VIENTO Y TEMPERATURA
Caso 1	Cargas verticales	Viento máximo

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

CASOS	COMBINACIONES	CONDICIONES DE VIENTO Y TEMPERATURA
	Cargas longitudinales de estructura terminal Cargas transversales	Temperatura mínima
Caso 2	Cargas verticales Sobrecarga vertical	Viento un cuarto Temperatura media
	Cargas longitudinales de estructura terminal Cargas transversales	
Caso 3	Cargas verticales Cargas de tendido Cargas transversales	No aplica
Caso 4	Cargas de montaje	No aplica

Tabla A6.3: *Estructuras de remate*

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 7 Factores de sobrecarga

Código: A7.I.03.PAV.02.01.02

Para la definición de las cargas a ser utilizadas en el diseño de líneas de transmisión, se considerarán los siguientes factores de sobrecarga (Tabla A7.1):

Tipo de carga	Factor de sobrecarga
Cargas verticales	1.40
Sobrecarga vertical	1.20
Viento	1.50
Efecto de ángulo	1.40
Sobrecarga longitudinal	1.20
Desequilibrio longitudinal	1.40
Remate	1.40
Tendido	1.20
Montaje	1.20

TablaA7.1: Factores de sobrecarga

Anexo 8 Ejemplo de plano con árboles de carga

Código: A8.I.03.PAV.02.01.02

A manera de ejemplo a continuación, en la Figura A8.1 se muestra el plano de hipótesis de cargas 2250-E-2001, de la estructura tipo SL2, de la L/T Ibarra – Pimampiro 138 - 230 kV.

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

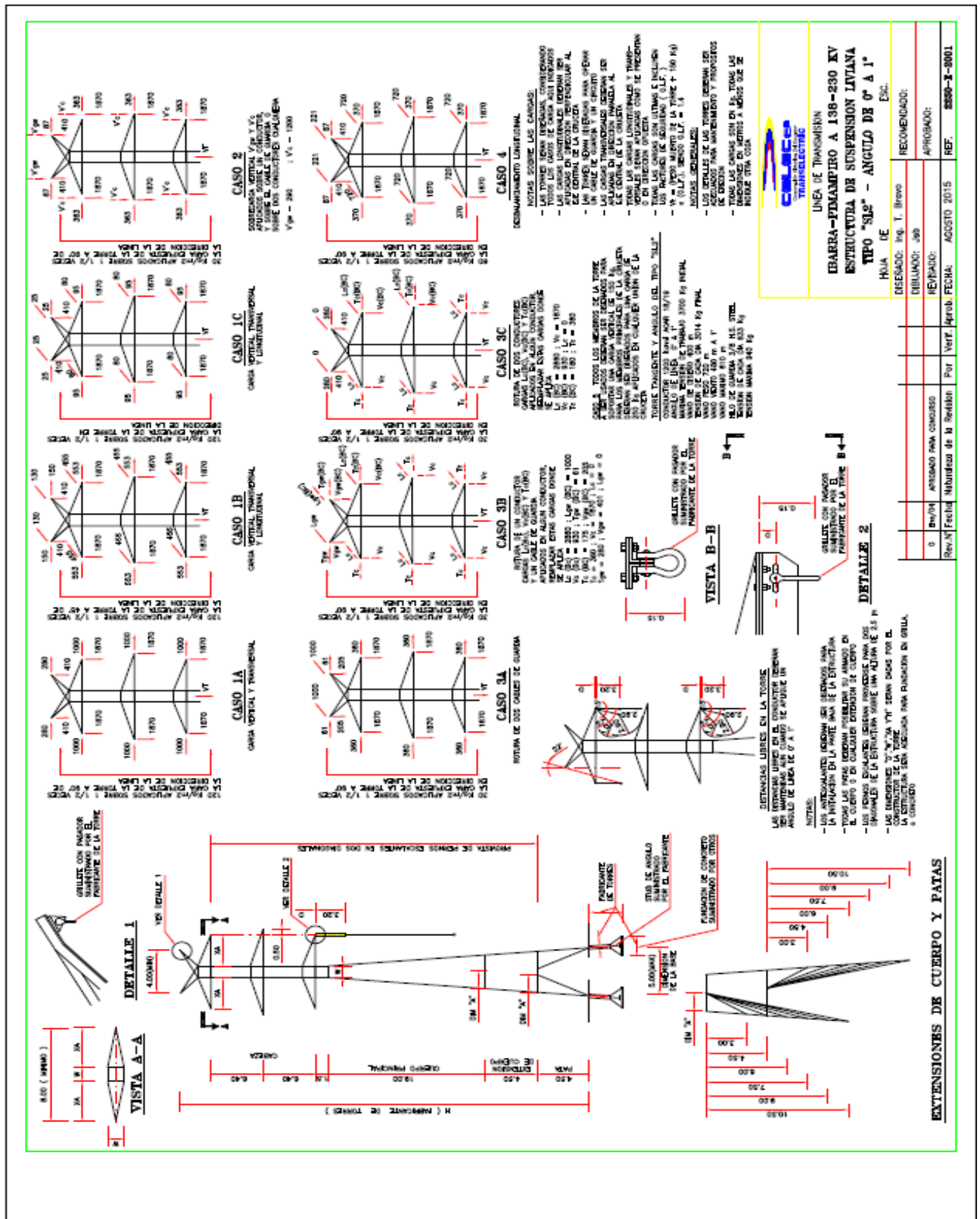


Figura A8.1: Plano ejemplo de árboles de carga

Instructivo para determinar los árboles de carga de estructuras metálicas de líneas de transmisión

Anexo 9: Normas de referencia complementarias

Código: A9.I.03.PAV.02.02.02

N° NORMA	DE	NOMBRE DE LA NORMA
ASCE- 10 - 97		Design of Latticed Steel Transmission Structures (Diseño de estructuras de transmisión de acero, enrejadas).
ASCE- 74 -09		Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading (Guías para cargas estructurales de líneas de transmisión eléctricas).