

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA**



**DETERMINAR EL VANO MÁXIMO PARA REDES AÉREAS  
EN 22,9kV COMPARTIDA CON RED DE BAJA TENSION  
Y ALUMBRADO PÚBLICO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**MANUEL EDGARDO FONSECA SANCHEZ**

**PROMOCIÓN  
2002 – II**

**LIMA – PERÚ  
2008**

**DETERMINAR EL VANO MÀXIMO PARA REDES AÈREAS EN  
22,9kV COMPARTIDA CON RED DE BAJA TENSION Y  
ALUMBRADO PÙBLICO**

### **DEDICATORIA**

**Agradecimiento a mis padres que son ejemplo de esfuerzo, lucha y superación, a mi esposa Luz con mis dos amados hijos Nathaly y Eduardo que son la motivación de mi esfuerzo para superarme en lo profesional y personal, de igual manera a mis hermanos por su motivación constante y ejemplo para esforzarme cada día más.**

## SUMARIO

Debido al aumento de nuevos requerimientos de suministros de energía tanto en baja tensión como en media tensión por parte de los clientes de las empresas concesionarias de electricidad, se ve la necesidad de utilizar los soportes de las redes de media tensión para instalar las redes de baja tensión así como de pastorales de alumbrado público, todo esto con el fin de aprovechar al máximo los soportes existentes o proyectados.

Es así que las empresas concesionarias de electricidad en especial la empresa Luz del Sur viene utilizando la configuración planteada para los niveles de tensión 10.0 y 22,9 kV.

El presente informe tiene como objetivo el de presentar valores de vanos máximos al cual se pueden tender redes aéreas de Media Tensión en 22,9 kV, con la condición de utilizar las mismas estructuras o soportes para instalar redes de baja tensión y pastorales de alumbrado público tales que cumplan con las distancias de seguridad indicadas en el C.N.E y Suministro y también como medida de protección para el personal de las empresas concesionarias que realicen trabajos de mantenimiento tanto para las redes de baja tensión y redes de media tensión.

Se utilizaron para el desarrollo del informe la configuración de los armados normados por la empresa Luz del Sur para sus redes de distribución, en el anexo se incluyen dichas normas.

Para determinar los valores de vanos máximos se tomaron en cuenta las ecuaciones de cambio estado así como las hipótesis de cálculo mecánico de los conductores, se realizaron los cálculos para conductores de aluminio de las secciones: 70, 120, 185 mm<sup>2</sup>

Las estructuras consideradas en el presente informe son del tipo alineamiento y no se considera desnivel en el tendido de las mismas.

El contenido del trabajo se dividió en cinco capítulos, definidos de la siguiente manera:

Capítulo I: Se realiza una descripción del problema, los objetivos, limitaciones y métodos de solución.

Capítulo II: Se realiza una descripción de los principales materiales utilizados en las redes de media tensión en 22,9 kV.

Capítulo III: Se realiza una descripción de los principales materiales utilizados en las redes de baja tensión.

Capítulo IV: Se realiza una descripción teórica de la ecuación de Cambio de estado, así como de las Hipótesis de Cálculo Mecánico de Conductores.

Capítulo V: Se presentan cuadros con valores de los cálculos realizados a los conductores mediante la aplicación de la ecuación de cambio de estado y las hipótesis de cálculo mecánico, así como un resumen de los resultados obtenidos.

Finalmente se emitieron conclusiones y recomendaciones como consecuencia de los cálculos realizados.

## INDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Descripción del problema	2
1.2 Objetivo del Trabajo	2
1.3 Limitaciones del Trabajo	2
1.4 Método de solución del problema	2
CAPÍTULO II	
DESCRIPCIÓN DE LA RED AÉREA DE MEDIA TENSIÓN 22,9 kV	4
2.1 Alcances	4
2.2 Descripción de Materiales utilizados	4
2.2.1 Conductores	4
2.2.2 Aisladores	8
2.2.3 Postes de Concreto	10
2.2.4 Accesorios	11
CAPÍTULO III	
DESCRIPCIÓN DE LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN	18
3.1 Alcances	18
3.2 Descripción de Materiales utilizados	18
3.2.1 Conductores	18
3.2.2 Soportes	19
3.2.3 Accesorios	20
CAPÍTULO IV	
CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES	22
4.1 Alcances	22
4.2 Ecuaciones de cambio de estado	22
4.3 Hipótesis de cálculo mecánico de conductores	28

<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>33</b>
5.1 Cálculo Mecánico de Conductores	33
5.2 Hipótesis de cálculo	34
5.3 Características de los Soportes	34
5.4 Resultados de los cálculos Realizados	36
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>49</b>
1. Estructura de alineamiento Tipo Pin en formación triangular AV-01	
2. Estructura de Angulo Tipo Pin en formación vertical AV-03	
3. Estructura de alineamiento Tipo Suspensión Simple Terna AV -05	
4. Normalización de postes, crucetas y mensulas de concreto para líneas aéreas de 10 y 22,9 kV.	
5. Normalización de conductores de aleación total de aluminio para Media Tensión	
6. Conductor de aluminio aislado tipo CAAI-S para redes aéreas de baja tensión	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>50</b>

## PROLOGO

Debido a la creciente demanda del consumo de energía que se está produciendo en el país por causa del crecimiento de la economía, las empresas concesionarias de electricidad se ven en la necesidad de ampliar sus redes eléctricas de distribución tanto en Media Tensión como en baja tensión para poder cubrir los requerimientos de energía solicitados por sus clientes.

Es así que se plantea la necesidad de aprovechar las estructuras o soportes existentes o proyectadas de las redes de distribución aéreas en Media Tensión para utilizarlas también como soporte de las redes aéreas de distribución de baja tensión como son: redes de servicio particular, redes de alumbrado público, todo esto bajo la premisa de optimizar los recursos y reducir los costos de las instalaciones.

Lo que se busca es tener valores de vanos máximos para el cual y bajo los armados utilizados, se puedan emplear la configuración de red que se está planteando.



# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema.

Al plantear la utilización de los soportes o estructuras de redes aéreas de media tensión para el uso también como soporte para el tendido de redes aéreas de baja tensión, surge el problema de determinar el vano máximo al cual se pueden tender los conductores para los dos sistemas de tal manera que se cumpla con las distancias de seguridad establecidas en el CNE Suministro 2001 entre:

- Conductores de media tensión y baja tensión
- Distancia del conductor de baja tensión al cruce de avenidas, calles.

### 1.2 Objetivo del Trabajo.

El presente informe tiene como finalidad presentar valores de vanos máximos para redes aéreas de media tensión en configuración de alineamiento tomando como referencias las normas de Luz del Sur para este tipo de instalaciones, para las condiciones indicadas en el ítem 1.1.

### 1.3 Limitaciones del Trabajo.

El informe está desarrollado bajo las siguientes consideraciones:

- Se considera estructuras y tendidos de las redes en tramos de alineamiento
- No se considera desnivel
- Se toma como referencia las estructuras o soportes normados por la empresa Luz del Sur
- Esta considerado para la ciudad de Lima

### 1.4 Método de Solución del problema.

El planteamiento para la solución al problema se va a basar en la determinación de las flechas que se dan para diferentes valores de vanos, esto se va realizar mediante la aplicación de la ecuación de cambio de estado y las hipótesis de cálculo mecánico de conductores, para diferentes secciones.

Este cálculo se va a realizar para los conductores de media tensión así como para los cables de baja tensión, de tal manera que para un determinado vano se tiene como dato el valor de la flecha que se produce en los cables media y baja tensión y de acuerdo a esto se pueda acotar dicho vano para un determinado soporte (datos: altura, carga de trabajo) de tal manera que se cumplan con las distancias de seguridad establecidas en el CNE y Suministro.

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DE LA RED AÉREA DE MEDIA TENSIÓN 22,9 kV

#### 2.1 Alcances

Actualmente las empresas concesionarias vienen instalando sus redes de distribución en media tensión para un nivel de tensión de 22,9 kV, debido al mayor área de potencia que se abarca y el uso de menores diámetros de conductores en comparación con el nivel de tensión de 10,0kV es así que para proyectos de sistema de utilización la concesionaria eléctrica Luz del Sur pide que las subestaciones de sus clientes estén preparadas para trabajar en un futuro a un nivel de tensión de 22,9kV.

El tipo de conductor que se están empleando en mayor porcentaje para las redes aéreas de media tensión es el de aleación de aluminio (AAAC) por ser más económico que el conductor de cobre y además por tener un menor peso kg/m.) lo cual facilita su traslado y tendido así como el utilizar estructuras o soportes que no tengan cargas de trabajo muy elevados.

Para el informe se tomaran como referencia los armados normados por la empresa Luz del Sur para sus redes de distribución.

El tipo de armado a utilizar será el de alineamiento debido a que este tipo de armado en la que se utiliza en mayores porcentajes.

Se presentan cuatro armados típicos de alineamiento con sus variantes, se anexa esquema de dichos armados.

#### 2.2 Descripción de Materiales Utilizados.

##### 2.2.1 Conductores

Son los elementos más importantes y los que tienen una mayor incidencia en costos.

Existen diversos tipos de conductores empleados, según el material utilizado, siendo los más usuales:

- ❖ Aluminio (SAC, MC)

- ❖ Aleación de Aluminio (ALDRAY, ALDREY, ALMELEC, ARVIDAL MAC).
- ❖ Aluminio Acero (ACSR)
- ❖ Aluminio — Alumoweld (AWAC)
- ❖ Aluminio - Aleación de Aluminio (ACM)
- ❖ Cobre

La conformación típica de los conductores, es una formación que emplea alambres del mismo diámetro cableados en forma helicoidal con capas que giran en sentido opuesto.

TABLA N° 2.1 Número de Alambres o hilos por conductor

Capa	Centro	1a capa	2a c	3a c	4a c	5a c	6a c
Numero de hilos	1	6	12	18	24	30	36
Numero total de hilos	1	7	19	37	61	91	127

Cuando sea necesario aumentar el diámetro del conductor, a fin de reducir las pérdidas por efecto corona a las radio-interferencias, o aumentar la capacidad de corriente, se opta por configuraciones que introducen espacios libres en el centro como los mostrados en las figuras.

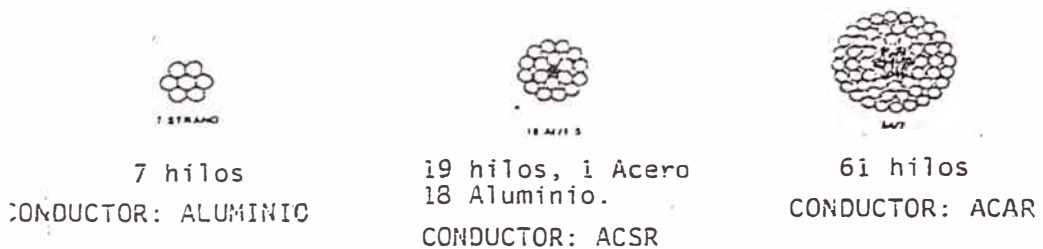
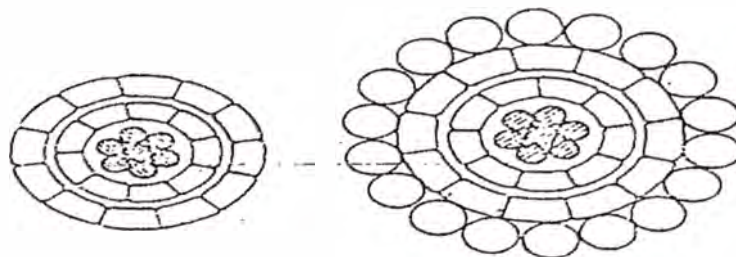


Figura N° 2.1 Configuración de Conductores



CONDUCTOR: ACSR/SD

Figura N° 2.2 Configuración de Conductores

Hacemos una descripción básica de los principales tipos de conductores:

- Aluminio

Estos conductores son hechos completamente con hilos de aluminio duro, que es un aluminio duro con un contenido de 99,5%.

Es más económico que otro tipo de conductor, pero no presenta buenas características mecánicas ya que debe limitarse su tensión. Es útil cuando las cargas eléctricas son importantes, los vanos son reducidos y hay cargas mecánicas menores.

Se fabrican en conformaciones de 7, 19, 37, 61, y 91 hilos iguales.

- Aluminio – Acero (ACSR)

Es el más empleado. Los hilos centrales son de acero y las capas de hilos exteriores son de aluminio.

Las conformaciones usuales son: 6A1/IAc-e, 18A1/IAce, 36A1/IAce, 12A1/7Ace, 26A1/7Ace, 45A1/7Ace, 54A1/7Aca y 54A1/19Ace.

Las diversas conformaciones permiten adaptarse a las necesidades de capacidad de corriente y características mecánicas.

Para lograr mejores propiedades anticorrosivas se puede especificar que los/hilos de Acero tengan protección de Zinc.

- Aleación de Aluminio

Estos conductores están formados de hilos iguales de aleación de Aluminio de alta resistencia mecánica comparable con los conductores ACSR, y con apariencia de conductores de Aluminio. Existen diversas denominaciones patentadas para este tipo de conductor según los fabricantes y país de procedencia. - El uso está orientado a lugares donde los hilos de Acero no son apropiados por situaciones de, contaminación y corrosión. Son algo susceptibles a las vibraciones, en relación los conductores de ACSR, con aisladores de suspensión no conviene usar secciones menores del N° 3/0.

- Aluminio — Aleación de Aluminio (ACAR)

Es una combinación de hilos de aluminio duro en las capas exteriores e hilos de aleación de aluminio en las capas centrales. Las configuraciones típicas son: 3A /4Ale., 12 Al/7Ale., 30Al/7Ale , 24 ,Al/13Ale , 48Al/13Ale, 18Al/19Ale, 42 Al/19Ale

- Aluminio — Alumoweld (AWAC)

Muy similar a los conductores ACSR. Esta compuesto de hilos de aluminio duro en las capas exteriores, y de aluminio acerado — en las capas interiores. Tienen un menor peso que los conductores ACSR así como pesan algo menos que ellos.

- Aluminio Acero Especiales (ACSR/SD)

Están conformados por hilos centrales de Acero (generalmente 7 - hilos) y dos caras de hilos de aluminio de forma trapezoidal, una capa exterior de hilos de Aluminio circulares.

Este tipo presenta propiedades de amortiguación de vibraciones debidas al viento.

La amortiguación ocurre por la interacción entre las capas con h los trapezoidales y el núcleo del conductor.

Se recomienda tener precauciones durante el tensado. Son algo más costosos que sus similares en ACSR, pero se compensa con su posibilidad de tener un mayor esfuerzo de templado.

- Aleación de Aluminio - Acero (AACSR)

Están conformados por hilos de aleación de aluminio en las capas exteriores e hilos de acero en las capas centrales. Esto permite grandes tensiones mecánicas lo que se- usan mucho en grandes vanos como cruce de ríos donde las limitaciones de flecha son importantes.

- Cobre.

En el país se empleó en las primeras líneas construidas, recientemente su empleo es, en líneas de sub transmisión en ambiente no corrosivo. Es más

pesado que los otros tipos de conductor - aunque con una mayor conductividad eléctrica.

- Características Básicas de los Conductores

Incluimos información sobre las características básicas de los conductores.

**TABLA N° 2.2 Características técnicas de los conductores**  
(Tomo IV CNE – Tabla 2 – II)

Material	Densidad a 20°C gr/cm <sup>3</sup>	Resistividad a 20°C $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m	Conductibilidad o/o IACS	Coefficiente térmico de resistencia a 20°C por °C	Modulo de Elasticidad kg/mm <sup>2</sup>	Esfuerzo mínimo de rotura kg/mm <sup>2</sup>	Coefficiente de dilatación lineal a 20°C por °C
Cobre blando	8.89	0.01724	100	0.00393	10.000	25	1.7x10 <sup>-5</sup>
Cobre semiduro	8.89	0.01783	96.66	0.00384	11.500	35	1.7x10 <sup>-5</sup>
Cobre duro	8.89	0.01790	96.16	0.00382	12.650	42	1.7x10 <sup>-5</sup>
Aleación de Aluminio	2.7	0.0328	52.5	0.00360	5.700	28	2.3x10 <sup>-5</sup>

2.2.2 Aisladores

El dimensionamiento correcto de los aisladores es importante porque tiene una incidencia del orden del 10% del costo de la Línea.

Las dos formas básicas de los aisladores en líneas 1 transmisión son:

- Tipo Suspensión (suspensión insulator) : fig.(a)
- Tipo Bastón (Post insulator): fig.(b)

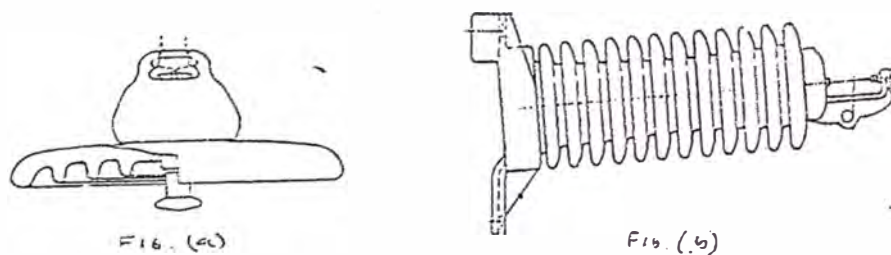


Figura N° 2.3 Tipos de aisladores

Los aisladores de suspensión son los más usuales, y son fabricados en porcelana o vidrio templado. Recientemente también se hacen de fibra de vidrio polimerizado.

Los aisladores de porcelana tienen un 50% de caolín, 25% de cuarzo. La porcelana se moldea con procedimientos húmedos, homogéneos, porosidad, luego se cubre la superficie vitrificada. Tienen una resistencia dieléctrica de 60 – 70 kV. max/cm, una resistencia mecánica de 40000 a 5000 lb/pul<sup>2</sup> a la compresión y de 1500 a 12500 lb/pul<sup>2</sup> a la tracción. Los aisladores de vidrio tienen 140 kv—max/cm de resistencia dieléctrica, son mas resistentes a la compresión y similares a la tracción.

Es posible establecer soluciones técnicas y económicas con empleo de ambos tipos de material.

Con fines comparativos podemos señalar las ventajas de los aisladores de vidrio:

- a) Permiten observar perforaciones ó constituciones no homogéneas.
- b) El vidrio tiene menor coeficiente de expansión lo que disminuye los esfuerzos causados por cambios en La temperatura ambiente.
- c) Después de una onda de sobre tensión un aislador fallado se puede identificar más rápidamente porque el vidrio se estrella y la porcelana rompe cuando falla el dieléctrico.
- d) Sufren menor calentamiento debido a que los rayos solares pasan a través, mientras que la porcelana los absorben.

Los aisladores de suspensión tienen un tipo ensamble entre unidades dedos formas:

- Hoquilla - Bola (Ball - Socket)
- Perno pasante (Clevis)

Usualmente se refiere en ensamble **Barquilla** — Bola.

Las aisladores tipo **bastan** se usan en armados especiales, en líneas de diseño compacto generalmente relacionadas con abastecimiento de energía a grandes



urbes. Se fabrican de porcelana ó de fibra de vidrio con recubrimientos de resinas epoxicas.

La especificación de un aislador requiere fijar los parámetros siguientes:

- a) Dimensiones
  - Diámetro (mm)
  - Altura ó paso (mm)
  - Peso neto (Kg.)
- b) Características Mecánicas
  - Tipo de ensamble
  - Resistencia a la tensión mecánica (Kg.)
  - Resistencia al impacto (Kg.-m)
  - Resistencia eléctrica combinada (Kg.)
- c) Características Eléctricas
  - Distancia de fuga (mm)
  - Distancia de flameo en seco (mm)
  - Tensión flameo en seco: Frecuencia industrial (kV.)
  - Tensión flameo húmedo: Frecuencia industrial (kV.)
  - Tensión flameo impulso positivo (kV.)
  - Tensión flameo impulso negativo (kV.)
  - Tensión perforación a frecuencia industrial (kV.)
  - Tensión de radio interferencia (a 4000 KHZ en micro volts)

### 2.2.3. Postes de Concreto

Se fabrican en el país, del tipo centrifugado y vibrado. En otros países es mayormente empleado el tipo pretensado. La limitación deviene de los pesos relativamente altos y las dificultades de su transporte.

Las características de los postes centrifugados de fabricación nacional es:

**TABLA N° 2.3 Característica de poste de concreto: Fabricación Nacional**  
 (Ing. Miguel Becerra: Curso "Líneas de Transmisión de Potencia")

Altura (m)	Resistencia en la punta (Kg.)	Diámetro		Peso aprox. (Kg.)
		Menor	Mayor	
12	200	120	300	590
12	300	150	330	620
12	400	150	330	650
13	200	150	345	680
13	300	150	345	700
13	400	150	345	725
14	200	150	360	770
14	300	150	365	780
14	400	150	365	790
15	300	150	365	810
15	400	150	375	830
15	500	150	409	860

#### 2.2.4. Accesorios de los conductores

Los principales elementos son: Varillas de armar, Junta de Empalmes, manguito de reparación, Amortiguadores, y Conectores. Todas las piezas sujetas a esfuerzos mecánicos de tracción serán dimensionados con un factor de seguridad mínimo de las piezas a través por corriente eléctrica, deben alcanzar una temperatura superior al conductor resistencia eléctrica, de los empalmes será superior al conductor. Para evitar efluvios eléctricos, la forma y el diseño de todas las piezas bajo tensión será que evite esquinas agudas o resaltos que producen contracciones excesivas del campo eléctrico.

##### 2.2.4.1 Varillas de armar

Tienen por objeto proteger al conductor en su enlace con la grapa de suspensión y por consecuencia con los aisladores.

Las varillas son hilos de aluminio preformadas, que se acoplan al conductor por torsión. Tienen una longitud 60" en promedio. Se instala unos seguros en los extremos como protección.

Su especificación esta relacionada con la sección y tipo del conductor.

Proveer una rigidez adicional al conductor en el punto de sujeción.  
 Dar una curvatura suave al conductor protegiéndolo de los esfuerzos mecánicos en el punto de sujeción.  
 Protección del conductor de posibles descargas por sobre tensión.

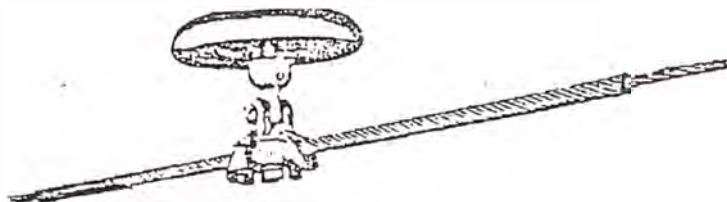


Figura N° 2.4 Varilla de Armar

#### 2.2.4.2 Suspensión Cojín

Los accesorios de suspensión tipo cojín, permiten en conjunción con las varillas de armar reducir significativamente los esfuerzos estáticos y dinámicos de flexión en el conductor. Los esfuerzos de compresión se reducen.

Cuando los ángulos de la línea de 300 se usan unidades dobles.

Para los esfuerzos Longitudinales de Línea, el proyectista deberá ver que cojines de suspensión tengan esfuerzo 20 % de tiro de rotura del conductor.

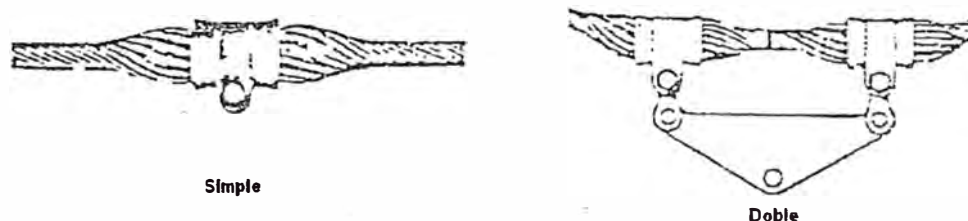


Figura N° 2.5 Tipo de Suspensión

#### 2.2.4.3. Manguitos de reparación

Cuando se produzca daños leves en los hilos del conductor, se requiere usar manguitos de reparación, usualmente del tipo compresión con una

longitud mínima de 20 cm. para los conductores, y de 10 cm. para el cable de guarda.

Las características eléctricas y mecánicas y resistencia a la corrosión de Los manguitos deben ser compatibles con el conductor ó cable de guarda.

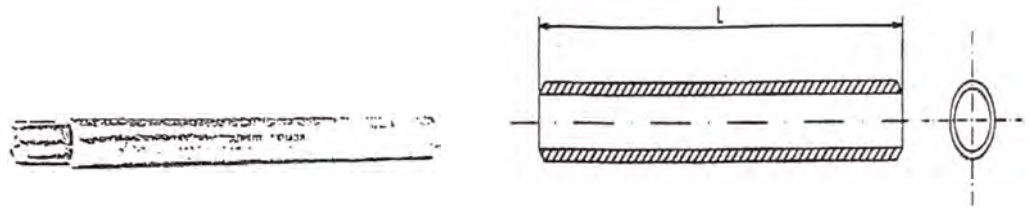


Figura Nº 2.6 Manguitos tipo compresión

#### 2.2.4.4. Juntas de empalme

Para unir los conductores de las bobinas despachadas, se emplean empalmes tipo compresión. Las Longitudes mínimas son de 40 cm. para conductores, y 20cm para cable guarda. Las características eléctricas y mecánicas y la resistencia a la corrosión deben ser compatibles con el conductor a el cable de guarda.

La aplicación de las juntas de empalme debe efectuarse con las herramientas adecuadas, cuidando del empleo de los dados apropiados, y previa labor de limpieza de la superficie del conductor.

Se utiliza una pasta especial ó compuesta de relleno, sustancia químicamente inerte de alta eficiencia eléctrica e inhibidor contra la oxidación. La pasta deberá retener una viscosidad indefinidamente, no escurrirá 120°c y permanecerá manejable hasta -15° c como mínimo.

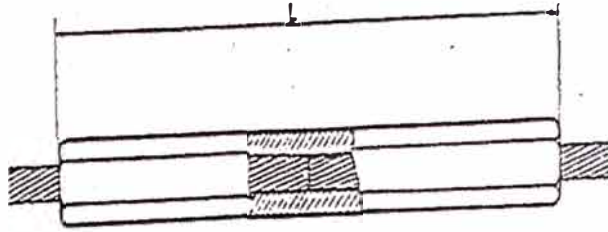


Figura N° 2.7 Juntas de empalme

#### 2.2.4.5. Amortiguadores.

Tiene por objeto atenuar Las vibraciones producidas en el conductor por el viento, especialmente las que tienen pequeña amplitud de onda y a La frecuencia, reduciendo Los esfuerzos en el conductor en Los puntos de sujeción con la cadena de aisladores.

Existen varios tipos de amortiguadores básicos: Convencional (Stockbridge) y Espiral.

El mas empleado es el convencional. Las vibraciones del conductor pasa a la grapa de suspensión (D) que se desplaza arriba y abajo, causando flexión en el cable de enlace con los pesos extremos, creando un movimiento relativo entre La grapa de suspensión y los pesos extremos.

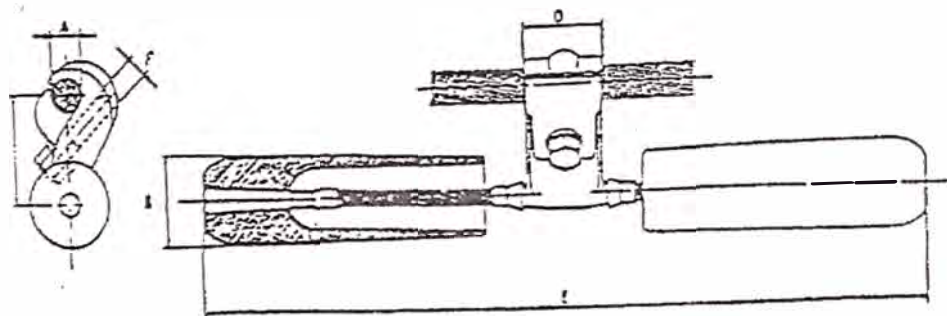


Figura N° 2.8 Amortiguador Convencional Stockbridge

#### 2.2.4.6 Conectores.

Se emplean para unir los conductores en los cuellos muertos. Usualmente se emplean gravas de dos vías paralelas con dos pernos ce Recientemente se emplean las tipo afuste por introducción de una cuña,

aplicada por percusión mediante martillo lo accionado por pequeñas cargas explosivas. Tienen sustancias inhibidoras.

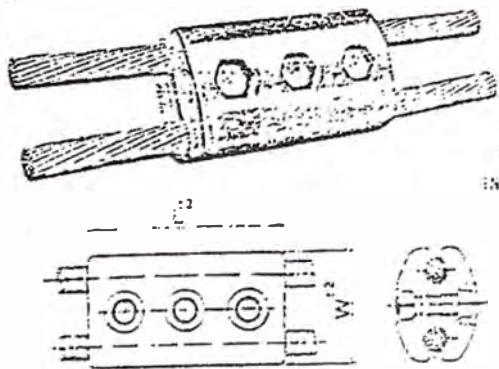


Figura N° 2.9 Conectores Tipo Cuña

#### 2.2.4.7 Grapas de suspensión.

Son fabricadas de acero forjado o fundido, galvanizadas mediante inmersión en caliente con una capa mínima de 500 gr/cm<sup>2</sup>.

No permitirán ningún desplazamiento ni deformación o daño al conductor. El diseño de los accesorios evitara esquinas agudas que produzcan concentraciones excesivas de campos eléctricos. No deben dar origen a reacciones magnéticas. Deben considerar su forma, reducir los esfuerzos en el conductor. Tendrán en cuenta las dimensiones de las varillas preformadas.

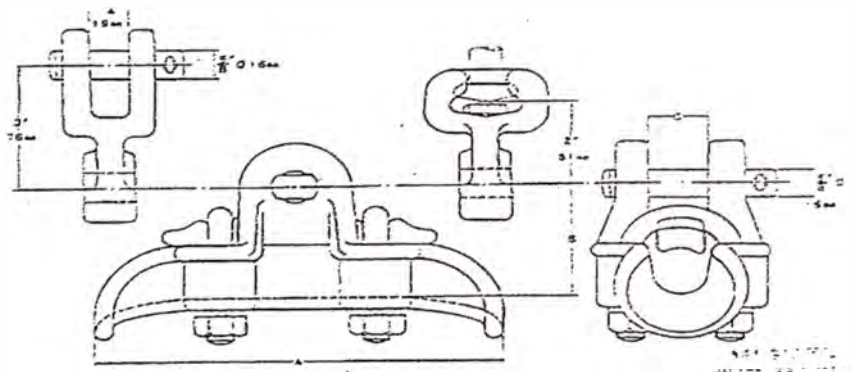


Figura N° 2.10 Grapas de suspensión

### 2.2.4.8. Grapas de anclaje.

Tienen características las de suspensión similar a las de suspensión. Existen dos tipos: Grapa tipo pistola ó grapa de compresión.

La más común es la tipo pistola, fabricada de acero forjado, fierro fundido o aleación de aluminio.

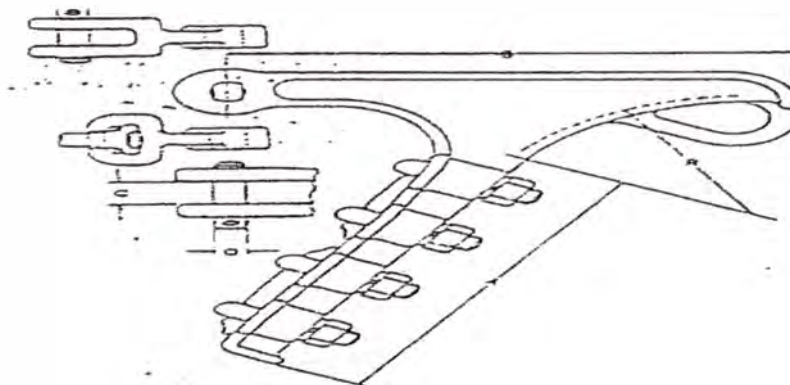


Figura N° 2.11 Grapas de Anclaje

Usualmente son de aleación de aluminio por ser resistentes a la corrosión, mínimas pérdidas de energía, histéresis y corrientes de fuga. Son muy livianas y se aplican directamente a los conductores sin varillas preformadas.

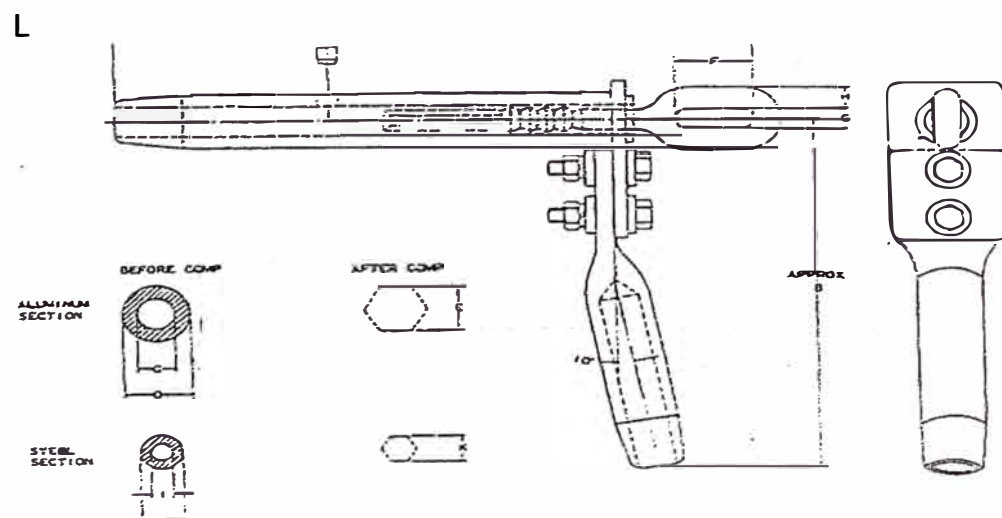


Figura N° 2.12 Grapas de Anclaje Tipo Compresión

Las de tipo compresión son más costosas y deben tener una respuesta garantizada a los requerimientos mecánicos del conductor.

#### 2.2.4.9 Accesorios del cable de guarda.

Cuando el cable de guarda es del mismo material que los conductores se entenderá que los accesorios tendrán que ser similares. Si se emplean cables de acero galvanizado se harán las adaptaciones necesarias.

Estos accesorios estarán sometidos a mayores esfuerzos mecánicos por que los esfuerzos en el cable de guarda son mayores que en los conductores.

Las primeras figuras se refieren a ensambles en suspensión y las segundas ensambles en anclaje.

#### 2.2.5. Accesorios de cadenas de aisladores.

Son diversas las piezas que se complementan La cadena de aisladores, y pueden agruparse en:

- Elementos que complementan comportamiento eléctrico.
- Elementos que complementan ensamble mecánico.

En el primer caso, los elementos mas importantes son: Cuernos de descarga, que permiten regular la tensión promedio de contorneo por sobre tensiones; y los Anillos de Guarda, que posibilitan una mejor distribución de la tensión entre los distintos aisladores que conforman la cadena.



## CAPÍTULO III

### DESCRIPCIÓN DE LA RED AÉREA DE BAJA TENSIÓN

#### 3.1 Alcances

Actualmente las redes de distribución aéreas de baja tensión se instalan sobre postes de concreto y los cables aislados que utilizan son los del tipo autoportados de aluminio, debido a la mayor facilidad de instalación.

#### 3.2 Descripción Materiales Utilizados

##### 3.2.1 Conductores

El tipo de conductor que se utiliza actualmente para las redes de distribución es el del tipo auto soportado o autoportante. Se utiliza tanto para las redes de distribución secundaria (servicio particular y alumbrado público) aéreas. Está compuesto de conductores aislados (de aluminio o cobre) con polietileno reticulado (color negro) trenzados alrededor de un portante (de aleación de aluminio o acero galvanizado) con cubierta de polietileno reticulado.

La función de los conductores de fase es únicamente eléctrica, la función mecánica la asume el portante o mensajero. Las formaciones se designan del siguiente modo:

$$3 \times S_p \text{ mm}^2 + 2 \times S_{ap} \text{ mm}^2 + P \text{ mm}^2$$

3 fases de S.P. + 2 fases de A.P. + cable portante

-S.P : Servicio Particular

-A.P: Alumbrado Público

##### Tendido de Conductores Autoportantes

Los conductores deberán manipularse de manera que no sufran daños o raspaduras, evitándose todo rozamiento con el suelo.

Los tramos de conductores serán unidos entre sí mediante conectores a presión no permitiéndose más de un empalme por conductor y por vano; no deberá realizarse empalmes sobre líneas de comunicación, carreteras y ríos.

El tendido de los conductores se realizará de acuerdo a la tabla de templado de los cálculos mecánicos del proyecto.

### 3.2.2 Soportes

El más usado en zonas urbanas es el poste de concreto armado centrifugado. Está constituido por una armadura de fierro y por concreto fijado al fierro por proceso de centrifugación. También se fabrican por vibración.

Un poste se designa como se indica a continuación:

8,7 / 00 / 120 / 255

El primer valor es la longitud total del poste. El segundo es la carga de trabajo y los otros el diámetro en la punta y en la base. Estas son las características principales de un poste.

Según norma INDECOPI, la carga de trabajo se considera aplicada a 10 cm de la punta, con un coeficiente de seguridad mínimo de 2. Esto significa que la carga de rotura debe ser cuíno, mínimo el doble de la carga de trabajo que se especifique:

La longitud de empotramiento en terrenos de condición normal y conocimiento de concreto es igual a la décima parte de la longitud total del poste.

Los datos mínimos que debe contener un poste en su superficie son: nombre del fabricante, año de fabricación, carga de trabajo.

Existen normas de fabricación del Ex – ITINTEC y de la DGE.

Los postes deben ser enterrados a una profundidad equivalente a la décima parte de su longitud y embutidos dentro de una cimentación de concreto

ciclópeo de mezcla 1:3:5. El bloque de cimentación será de 0,8m de diámetro por una profundidad de 0.1m mayor que la longitud de empotramiento del poste.

Se deberá comprobar la verticalidad del poste con plomada antes de proceder al llenado del de cimentación. En los tramos rectos los postes deberán quedar alineados.

### 3.2.3 Accesorios

#### Pastorales

Se les utiliza como soporte de las luminarias en las redes de alumbrado público. Se les especifica de concreto armado con estructura de fierro o de acero galvanizado. Se les designa del modo siguiente:

Los tipos de pastoral son los siguientes:

- P.S. : pastoral simple (de un solo brazo)
- P.D. : pastoral doble (de dos brazos)
- P.T. : pastoral triple (de tres brazos)
- P.C. : pastoral cuádruplo (de cuatro brazos)

De concreto armado con estructura de hierro y con tubo de acero galvanizado de 1' de diámetro 10(11 mal, recubierto en a punta con tubo de PVC (SEL) de 1 1/2" diámetro nominal. De superficie fina exenta de resanes y de las siguientes características:

Pastoral simple: PS/1,50/1.30/120

Pastoral simple: PS/1.50/1.90/120

Pastoral doble: PD/0.50/0.25/125

De fierro galvanizado de las siguientes características:

PFG/0.55/1.00/1.5"D

Los pastorales se fijan a sus respectivos postes mediante embone, espiga o abrazadera.

### Montaje de los pastorales y luminarias.

El montaje de los pastorales y luminarias debe efectuarse solamente una vez que hayan fraguado los cimientos de concreto de los postes, para evitar que éstos se desplomen cuando se coloquen los pastorales.

Los pastorales una vez montados alineados y orientados correctamente, deben ser fraguados para evitar que se reviren por efecto del viento.

Las luminarias deben ser montadas junto con los pastorales, para ello, previamente debe colocarse el equipo accesorio en la cabina respectiva, e instalarse además el conexionado de enlace entre el cortacircuito y la lámpara.

Especial cuidado se tendrá en el conexionado de reactores y condensadores a fin de evitar errores que ocasionen tensiones elevadas que reduzcan la vida útil de las lámparas.

Las luminarias serán instaladas debidamente fijadas a los pastorales respectivos, orientados perfectamente hacia la vía pública que se iluminará, realizándose posteriormente el conexionado de la red y al final de las lámparas. Esta operación debe realizarse tornando la debida precaución para evitar que las unidades de alumbrado público sufran daño alguno.

### Accesorios de las retenidas

Los accesorios para retenidas estarán sometidos a los esfuerzos mecánicos y a la acción de los fenómenos corrosivos de los diferentes suelos existentes en . Además, los accesorios deberán ser aptos para las condiciones aceptadas y sus dimensiones serán las aprobadas para que resistan los esfuerzos de corte y tracción, al que permanentemente estarán sometidos durante la vida útil de la línea.

### Cable para retenida.

Estará con formado por siete alambres de alumoweld y cumplirá con los requerimientos de u norma ASTM A475- cada alambre tendrá un recubrimiento tipo B de acuerdo a la norma indicada.

## CAPÍTULO IV

### CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

#### 4.1 Alcance

El Cálculo Mecánico de los conductores consiste en determinar el tiro o esfuerzo de los conductores, para comprobar si es menor al máximo admisible establecido por el Código Nacional de Electricidad o Normas Aprobadas, para posteriormente calcular y dimensionar las estructuras de los soportes de los conductores (poste, aisladores, y ferretería).

Para verificar los esfuerzos a los cuales quedará sometido el conductor cuando esté instalado y operando (a lo largo de su vida útil), el proyectista debe imaginar las condiciones de funcionamiento u operación, estableciendo algunos parámetros climatológicos, tales como temperatura y presión de viento.

A cada combinación de temperatura y presión de viento imaginable por el proyectista, se le conoce como hipótesis de cálculo. A lo largo de su vida útil el conductor estará sometido a múltiples combinaciones de temperatura y presión de viento, y en algunos casos hasta con presencia de hielo, pero será suficiente calcular las hipótesis más importantes.

#### 4.2 ecuaciones de cambio de estado

##### 4.2.1 Desarrollo de la ecuación de cambio de Estado

La condición de un conductor suspendido por sus extremos es la siguiente:

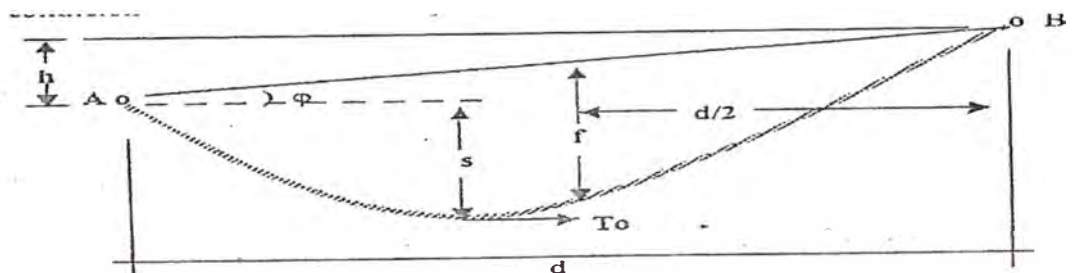


Figura N° 4.1 Curva de la catenaria

La curva formada se conoce con el nombre de catenaria:

Flecha (f).- Distancia vertical entre la recta que une los puntos de apoyo del conductor y el conductor, medida a la mitad del vano.

Saeta (s).- Distancia medida desde el apoyo más bajo del conductor al punto más bajo del conductor.

To es el tiro (Kg.).

Es el ángulo de desnivel de la red o línea

Para terreno plano no existirá ángulo de desnivel, y los puntos A y E se encontrarán en un mismo nivel; en esta situación la flecha es igual a la saeta (f s).

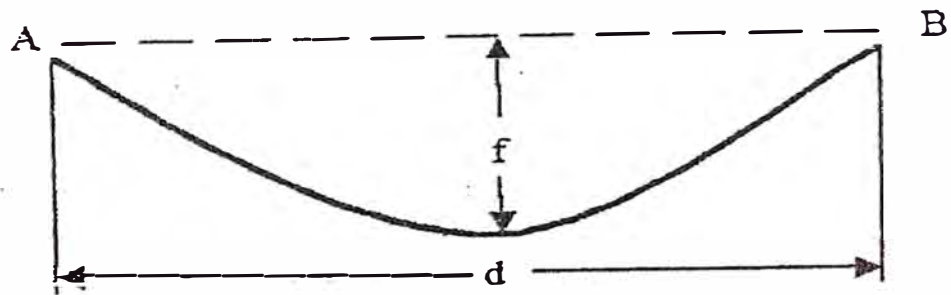


Figura Nº 4.2 Curva de la parábola

La catenaria puede asumirse como una parábola sin cometer un error sensible para los vanos que se presentan en redes de distribución; Por lo tanto, la ecuación de la parábola está representada por:

$$f = \frac{wd^2}{8\sigma A} \dots\dots(4.1) \quad \sigma = T_o / A \dots\dots\dots(4.2)$$

La ecuación de cambio de estado es la siguiente:

$$\sigma_2^2 \left\{ \sigma_2 + aE \cos(t_2 - t_1) + \frac{w_r I^2 d^2 E \cos^3 \varphi}{24A^2 \sigma_1^2} - \sigma_1 \right\} = \frac{w_r d^2 E \cos^3 \varphi}{24A^2} \dots\dots(4.3)$$

denominando:

$$M = \frac{d^2 E \cos^3 \varphi}{24 A^2} \dots\dots\dots (4.4)$$

$$P = W r \frac{2}{2} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$N = \frac{M w r l^2}{\sigma l^2} \dots\dots\dots (4.6)$$

$$S = \sigma E \cos \varphi (t_2 - t_1) + N - \sigma_1 \dots\dots\dots (4.7)$$

Obtenemos la siguiente ecuación, la cual se resuelve por tanteos:

$$\sigma_2^2 \{ \sigma_2 + S \} = P \dots\dots\dots (4.8)$$

- A es la sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.
- E es el módulo de elasticidad, en kg/mm<sup>2</sup>.
- $\alpha$  es el coeficiente de dilatación lineal a 20 °C, en 1/°C.
- wc es el peso unitario del conductor, en kg/m
- wr es el peso unitario resultante, en kg'm.
- t es la temperatura del conductor, en °C.
- d es el vano en metros.
- $\sigma$  es el esfuerzo en el conductor, en kg/mm<sup>2</sup>
- $\varphi_2$  es el diámetro del conductor, en mm.
- es el ángulo de desnivel

#### 4.2.2 Relación entre parámetros de la Ecuación de Cambio de Estado

Las relaciones dadas a continuación pretenden aclarar conceptos que servirán de base para un mejor entendimiento del planteamiento de las hipótesis de cálculo.

## a) Relación Flecha- Tiro.

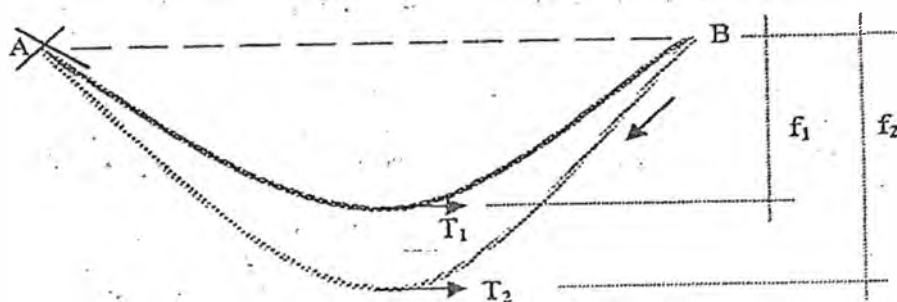


Figura N° 4.3 Relación Flecha- Tiro

Se analizará lo que sucede cuando se está efectuando el montaje del conductor.

Supóngase que se tiene un cable suspendido entre los puntos. En el punto A el conductor está amarrado no pudiendo desplazarse. En el punto E no existe amarre por lo que el conductor puede desplazarse en el punto de fijación. En una primera condición el conductor presenta una flecha "f1" la que se corresponde con un tiro "T1". Si se suelta el conductor en el punto E de modo que incremente su longitud entre los puntos A y E, se tendrá como resultado una flecha "f2" la que se corresponde con un tiro "T2".

Al incrementarse la flecha lo que sucede es que el tiro o las frenas internas en el conductor se verán reducidas, cumpliéndose que  $T_2 < T_1$ , Siendo el esfuerzo el cociente entre el tiro y la sección del conductor, también se cumplirá que  $\sigma_2 < \sigma_1$ .

Como conclusión: a mayor flecha el tiro disminuye o tiro se incrementa, lo cual puede ilustrarse como:

Fecha (f) ↑	Tiro (T) ↓	Esfuerzo ( $\sigma$ ) ↓
Fecha (f) ↓	Tiro (T) ↑	Esfuerzo ( $\sigma$ ) ↑



## b) Relación Temperatura – Flecha - Tiro.

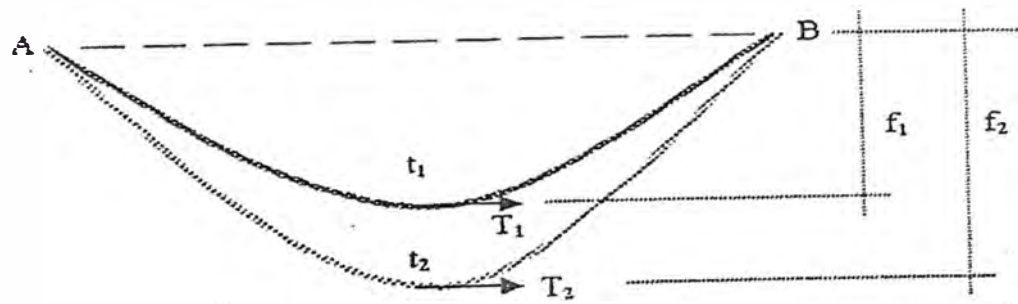


Figura N° 4.4 Relación Temperatura – Flecha - Tiro

Se analizará lo que sucede cuando el conductor está instalado pero se encuentra en vacío.

Ahora supóngase que se tiene un cable suspendido entre dos puntos. El conductor está amarrado en los puntos A y B no pudiendo desplazarse en ninguno de estos puntos, tal como sucede cuando el conductor está instalado entre dos postes

Supongamos además que este conductor no transporta corriente por lo que se encuentra en equilibrio térmico con el medio ambiente, ya que al encontrarse en vacío (sin carga) no genera calor; es decir, la temperatura del conductor será igual a la temperatura ambiente.

Bajo esta circunstancia la única forma en que puede incrementar la flecha del conductor es por efecto de la temperatura ambiente, vale decir que si se incrementa la temperatura ambiente de  $t_1$  a  $t_2$  ( $t_1 < t_2$ ) el conductor se dilatará y, por lo tanto, incrementará su longitud entre los puntos A y B. con lo cual la flecha aumentará.

Como conclusión: a mayor temperatura ambiente la flecha se incrementa o viceversa a menor temperatura ambiente la flecha disminuye, lo cual puede ilustrarse como:

Temperatura Ambiente ↓	Fecha (f) ↓	Tiro (T) ↑	Esfuerzo ( $\sigma$ ) ↑
Temperatura Ambiente ↑	Fecha (f) ↑	Tiro (T) ↓	Esfuerzo ( $\sigma$ ) ↓

Cuando el conductor empieza a transportar corriente, ésta hace que se produzca el calentamiento del conductor por efecto de las pérdidas de energía, incrementando su temperatura por encima de la temperatura ambiente, valor que se conoce como temperatura de operación del conductor.

En consecuencia, cuando se trate de escoger la mayor temperatura que puede alcanzar el conductor se debe escoger la mayor temperatura de operación. Cuando se trate de escoger la menor temperatura que puede alcanzar el conductor se debe escoger la temperatura ambiente mínima.

### c) Efecto de la Presión del Viento en el Conductor

Cuando la presión de viento es igual a cero el conductor se encuentra suspendido del poste como lo ilustra la figura 4.5. En este caso el peso unitario resultante en el conductor es únicamente el peso del conductor ( $w_{r1} = w_c$ ).

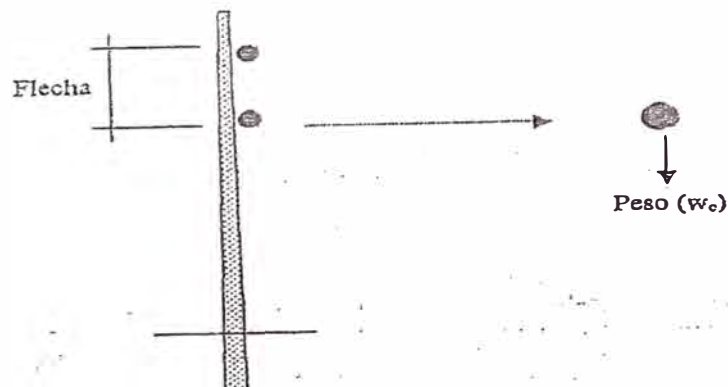


Figura N° 4.5 Efecto de la presión del viento en el conductor

Ante presencia de presión de viento ( $P_v$ ) la situación cambia y se produce lo siguiente:

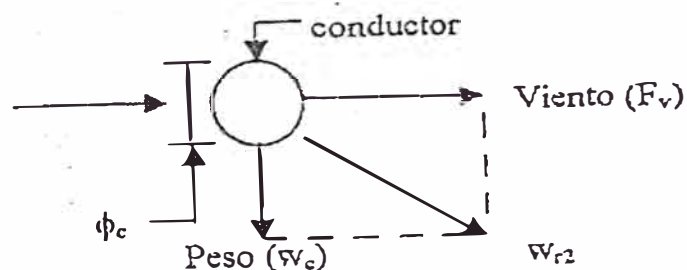


Figura N° 4.5 Fuerzas actuantes en el poste

Donde, la presión de viento se calcula teniendo como dato  $V$  (Velocidad del viento en km/h)

$$P_v = K \cdot V^2 \dots \dots \dots (4.9)$$

$K = 0.0042$  para superficies cilíndricas

$F_v = P_v \times \varphi_c$  Fuerza unitaria del viento sobre el conductor

$\varphi_c =$  diámetro del conductor

Existirá un peso unitario resultante que se calcula como:

$$w_{r2} = \sqrt{F_v^2 + w_c^2} \dots \dots \dots (4.10)$$

Un efecto adicional de la presión del viento es que reduce la flecha vertical ya que hace rotar al conductor suspendido alrededor del punto de fijación, tal como se muestra en la figura 4.6

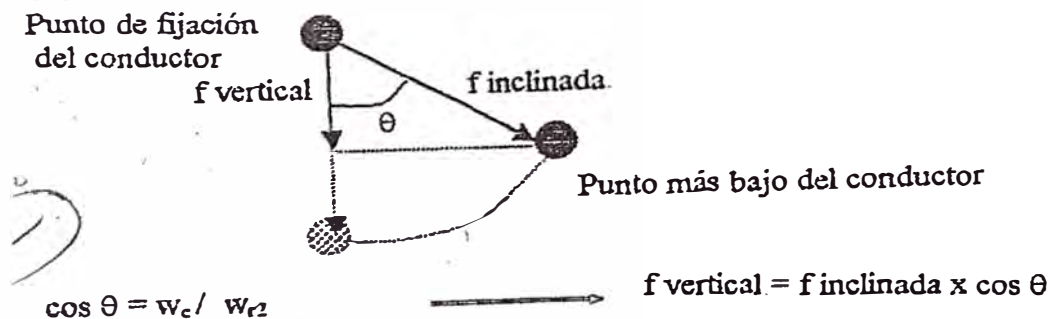


Figura Nº 4.6 Presión de viento en el poste

La presencia de hielo tiene como efecto el incremento del peso del conductor.

### 4.3 Hipótesis de cálculo.

A continuación se planteará las tres hipótesis de cálculo tradicionales y que son las mínimas necesarias para verificar el buen funcionamiento mecánico del conductor de una red de distribución. Paralelamente se mencionarán algunas consideraciones previas que son necesarias para el planteamiento de las hipótesis de cálculo.

1. Hipótesis I: Tendido del Conductor.- En esta hipótesis el proyectista debe plantear las condiciones a las que será tendido el conductor. Siendo así se comprenderá que durante el tendido del conductor ocurrirá que:

- Temperatura Ambiente Promedio: el conductor se encontrará en vacío y en consecuencia su temperatura será igual a la temperatura ambiente. Es razonable considerar un valor promedio de temperatura ambiente.
- Presión de Viento Nula: es lógico suponer que no existirá viento, o que la velocidad del viento es mínima y despreciable.
- Esta hipótesis es la que predominará a lo largo de la vida útil del conductor, a diferencia de las otras dos que se presentarán esporádicamente.

Si se desea plantear esta hipótesis como hipótesis de partida será necesario definir el esfuerzo del conductor al que se conoce como EDS (iniciales de Every Day Stress que significa “Tensión de Cada Día”) también conocido como “esfuerzo de templado”, “esfuerzo de tendido” o “esfuerzo diario” del conductor. En la actualidad en el Perú y según prácticas en otros países del mundo, y considerando que las condiciones de esta hipótesis son las que predominarán a lo largo de su vida útil, se recomienda que el tendido del conductor se efectúe como máximo a un 18% (a lo más 20 %) del esfuerzo mínimo de rotura, es decir:

$$\text{EDS} = 18\% \text{ EMR}$$

El EDS sería, si se toma los EMR antes descritos:

Tabla N° 4.1 Esfuerzos de rotura del conductor  
(Ing. Ponce: Instalaciones Eléctricas II- FIEE)

Metal Conductor	EMR (kg/mm <sup>2</sup> )	EDS = 18% (kg/mm <sup>2</sup> )
Cobre duro	42	7,56
Cobre semiduro	35	6,3
Aleación de aluminio	28	5,04

La limitación del EDS a un 18 % (o 20 %) tiene por finalidad evitar la fatiga prematura del conductor, tratando de aprovechar al máximo su vida útil. Cabe mencionar que se hace necesario efectuar un estudio serio que determine el límite recomendable para el esfuerzo de tendido del conductor, ya que hasta la fecha no existe un documento oficial que haya establecido este valor.

2. Hipótesis II: Tiro Máximo. Esta hipótesis se plantea para verificar que el conductor será capaz de soportar estas condiciones sin dañar su -vida útil. Por lo tanto, se trata de dar seguridad al conductor y. preservar su vida útil. En esta hipótesis el proyectista debe plantear las condiciones mecánicas más severas a las que estará sometido el conductor una vez que esté tendido o instalado, de modo que esto se traduzca en el mínimo esfuerzo. Siendo así, se comprenderá que para establecer las condiciones más severas se deberá suponer las condiciones climatológicas mas extremas que esfuercen al máximo el conductor, y estas son:

- **Temperatura Ambiente Mínima:** el tiro máximo se producirá cuando el conductor esté sometido a la menor temperatura. Tratándose de escoger el valor mínimo de temperatura se deberá escoger la temperatura ambiente mínima, es decir, se deberá asumir que el conductor estará en vacío ya que cualquier paso de corriente hará que la temperatura se incremente por encima de la ambiental.
- **Presión de Viento Máxima:** la velocidad del viento será la máxima que se presente en la zona, ya que a mayor presión de viento existirá mayor peso unitario que se traduce en un mayor esfuerzo en el conductor.
- Esta hipótesis se presentará esporádicamente, ya que una combinación de temperatura ambiente mínima con presión de viento máxima es una condición que no se presenta todos los días.

Si se desea plantear esta hipótesis como hipótesis de partida será necesario definir el esfuerzo máximo del proyecto (EMP), planteando un coeficiente de seguridad que se define como:

$$\text{c.s.} = \frac{\text{Carga de Rotura Mínima} \quad \text{Esfuerzo Mínimo-de Rotura}}{\text{Tiro Máximo del Proyecto} \quad \text{Esfuerzo Máximo del Proyecto}} =$$

Dado que el valor del EMR está definido, será responsabilidad del proyectista definir un coeficiente de seguridad mayor o igual a 2,5 (que es el mínimo aceptable) y determinar el esfuerzo máximo del proyecto (EMP) como sigue:

$$\text{Esfuerzo Máximo del-Proyecto (EMP)} = \frac{\text{EMR}}{\text{C.S.}}$$

En ningún caso el EMP será mayor al EMA definido anteriormente y que se reproduce en la siguiente tabla:

Tabla N° 4.2 Esfuerzo máximo admisible en conductores  
(Ing. Ponce: Instalaciones Eléctricas II- FIEE)

Material conductor	Esfuerzo máximo admisible (E.M.A.) en conductores cableados (kg/mm <sup>2</sup> )
Cobre duro	16.8
Cobre semiduro	14.0
Aleación de aluminio	11.2

3. Hipótesis III: Flecha Máxima.- Esta hipótesis se plantea para verificar que aún con flecha máxima las distancias de seguridad establecidas por el Código Nacional de Electricidad serán respetadas. Por lo tanto, se trata de dar seguridad a las personas, bienes y animales respetando las distancias de seguridad a la superficie del terreno. En esta hipótesis el proyectista debe plantear las condiciones climatológicas que harán que el conductor presente la máxima flecha cuando esté operando, y éstas son:

- Temperatura Máxima de Operación; la flecha máxima se presentará cuando el conductor esté sometido a la máxima temperatura. Tratándose de escoger el valor máximo de temperatura se deberá escoger la temperatura máxima de operación, ya que el paso de corriente hará que la temperatura se incremente por encima de la ambiental.
- Presión de Viento Nula: ya que en esta condición el conductor permanece horizontal y no existe la inclinación que se presenta cuando hay presión del viento y hace que la flecha horizontal disminuya.

- Esta hipótesis también se presentará esporádicamente, ya que una combinación de temperatura máxima de operación con presión mínima es una condición que no se presenta todos los días.

Si se desea plantear esta hipótesis como hipótesis de partida será necesario definir la flecha máxima, considerando la altura de poste empleada y la distancia de seguridad mínima exigida por el CNE.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Cálculo Mecánico de Conductores

##### 5.1.1 Conductores

Son de aleación de aluminio desnudo y sus características corresponden a los de la norma LD-9-020 de Luz del Sur.

##### 5.1.2 Características del conductor

El Cuadro N° 1 muestra las características técnicas de los conductores considerados en los cálculos.

Tabla N° 5.1 Característica del conductor  
(Normas Luz del sur)

Descripción	Sección (mm <sup>2</sup> )			
	70	120	185	
Diámetro del conductor (mm) D=	10,58	14	17,5	
Carga de Rotura Mínima (kg) CR=	2091,8	3326,5	5255,1	
Peso unitario del conductor (kg/m) Wc=	0,1917	0,337	0,532	
Modulo de Elasticidad (kg/mm <sup>2</sup> ) E=	6122	5816	5816	
Coficiente de dilatación Lineal a 20°C CD=	2,3E-05	2,3E-05	2,3E-05	

##### 5.1.3 Tensiones máximas admisibles

De acuerdo con el CNE Suministro 2001 Regla 261.H.2.a , establecemos como esfuerzo máximo admisible el 40% de la carga de rotura del cable.

En tal sentido las tensiones máximas admisibles de los conductores son las siguientes:



Tabla N° 5.2 Valores de tensiones máximas admisibles

Descripción	Sección (mm <sup>2</sup> )			
	70	120	185	
Tensión Máxima Admisible (40% CR) (kg) TR=	837	1331	2102	
Esfuerzo Máximo del Conductor (kg/mm <sup>2</sup> ) EC=	11,95	11,09	11,36	

## 5.2 Hipótesis de Cálculo

Según el CNE Suministro 2001 Figura 250-1 Lima, lugar de la concesión regional de Luz del Sur, se ubica en la zona de carga B y en el área de carga 0.

En tal sentido las condiciones de carga son las siguientes.

Hipótesis I .- Condiciones de esfuerzo máximo

Temperatura mínima: 10 °C (según Tabla 250-1-8, CNE Suministro 2001)

Velocidad del viento: 50 km/h (según Tabla 250-1-8, Nota 2, CNE Suministro 2001)

Máximo Esfuerzo: 40% del Tiro de Rotura, en kg/mm<sup>2</sup>

Hipótesis II Condiciones de Templado

Temperatura media: 20 °C (Temperatura media anual para Lima (dato estadístico)

Velocidad del viento: Nula (según Tabla 250-1-8, CNE Suministro 2001)

Máximo Esfuerzo: 14% del Tiro de Rotura, en kgf/mm<sup>2</sup> (Dato Luz del Sur)

Hipótesis III.- Condiciones de Flecha Máxima

Temperatura máxima: 50 °C (según CNE Suministro 2001)

Velocidad del viento: Nula (según Tabla 250-1-8, CNE Suministro 2001)

## 5.3. Características de los Soportes

### 5.3.1 Postes

Los postes son de concreto armado y sus características corresponden a los de los planos DNC-097, DNC-098 y DNC-099 de Luz del Sur.

La tabla N° 5.3 muestra las características técnicas de los postes considerados en los cálculos.

Tabla N° 5.3 Característica de poste de concreto  
(Normas Luz del Sur)

Altura (m)	11.5	13	15
Diámetro en la base (mm)	150	180	210
Diámetro en la punta (mm)	323	375	435
Carga de trabajo del fabricante (kg)	200	300	400
Coefficiente de seguridad – dato de fabricante	2	2	2
Carga de rotura del fabricante (kg)	400	800	800

### 5.3.2. Ménsulas y Crucetas

Las ménsulas y crucetas son de concreto armado y sus características corresponden a los de las normas LD-9-310 de Luz del Sur.

En la siguiente tabla N° 5.4 muestra las características técnicas de las ménsulas y crucetas

Considerados en los cálculos.

Tabla N° 5.4 Característica de crucetas y mensulas  
(Normas Luz del Sur)

	Mensura		Cruceta Simétrica		Cruceta Asimétrica
	0.60	1.0	1.2	2.0	1.50
Longitud (m)		0	0	0	
Carga de trabajo Transversal (Kg.)	250	250	300	500	250
Carga de trabajo Longitudinal (Kg.)	150	150	300	200	200
Carga de trabajo vertical (kg9	150	150	150	150	100
Coefficiente de seguridad – dato de fabricante	2	2	2	2	2
Peso (Kg.)	40	60	80	120	90

#### **5.4. Resultados de los cálculos realizados**

A continuación se presentan los resultados de los cálculos realizados

Esquema desarrollado para el desarrollo del informe (Pag.. 37)

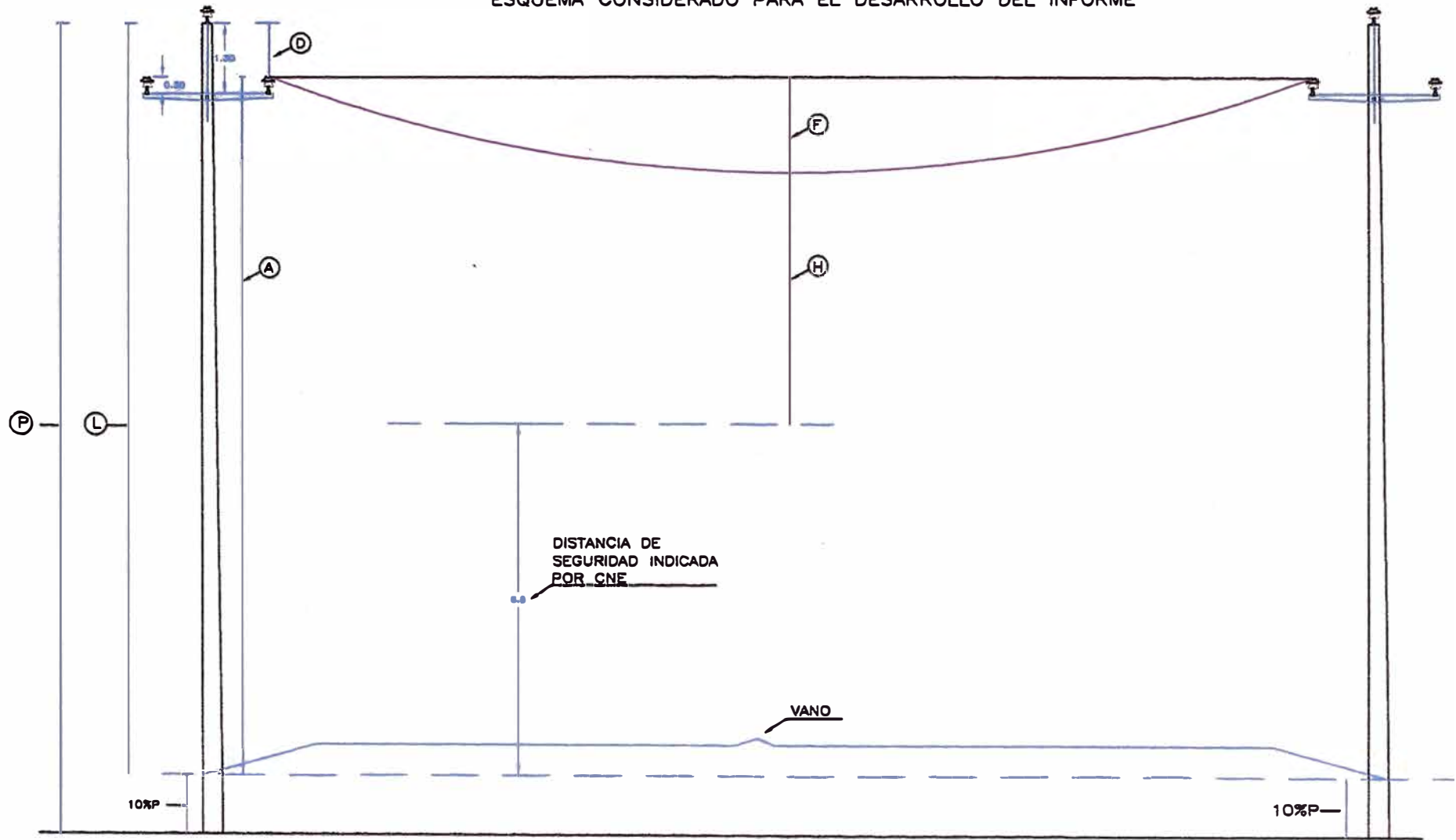
Valores y Parámetros Utilizados en el cálculo (Pag. 38)

Tabla de resultados con valores de flechas (Pag. 39)

Cuadro comparativo de resultados para los tipos de armados utilizados en el informe: AV-01, AV-03, AV-05 (Pag. 40 al Pag. 46)

Resumen de los resultados para cada tipo de armado utilizado (Pag. 47)

ESQUEMA CONSIDERADO PARA EL DESARROLLO DEL INFORME



**VALORES Y PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO****DATOS DEL CONDUCTOR****ALUMINIO**

Sección(mm <sup>2</sup> )	70
Diametro del conductor(mm)	10.5
Peso(kg/m)	0.1917
Tiro de rotura(kg)	2091.8
Modulo de elasticidad(kg/mm <sup>2</sup> )	5700
Coefficiente de dilatación (oC-1)	2.30E-05
Coefficiente de seguridad	2.5
Tiro max.del proyecto(40%T.R)	837

**ALUMINIO**

Sección(mm <sup>2</sup> )	120
Diametro del conductor(mm)	14
Peso(kg/m)	0.337
Tiro de rotura(kg)	3326.5
Modulo de elasticidad(kg/mm <sup>2</sup> )	5816
Coefficiente de dilatación (oC-1)	2.30E-05
Coefficiente de seguridad	2.5
Tiro max.del proyecto(40%T.R)	1331

**ALUMINIO**

Sección(mm <sup>2</sup> )	185
Diametro del conductor(mm)	17.5
Peso(kg/m)	0.53
Tiro de rotura(kg)	5255
Modulo de elasticidad(kg/mm <sup>2</sup> )	5816
Coefficiente de dilatación (oC-1)	2.30E-05
Coefficiente de seguridad	2.5
Tiro max.del proyecto(40%T.R)	2102

**CONDICIONES DE CÁLCULO**

Esfuerzo Máx.del conductor(40% Esf. Rotura)	11.95
Esfuerzo de templado (14% Esf. Rotura)	4.2
Temperatura de templado del conductor	20
Temperatura de máximo esfuerzo del conductor	10
Temperatura de flecha máxima del conductor	50
Velocidad de viento(Km/h)	50
Constante para superficies cilíndricas (K)	0.0042
presión del viento (kg/m <sup>2</sup> )	10.5
Fuerza aplicada del viento (kg/m)	0.11025

**CONDICIONES DE CÁLCULO**

Esfuerzo Máx.del conductor(40% Esf. Rotura)	11.09
Esfuerzo de templado (14% Esf. Rotura)	3.9
Temperatura de templado del conductor	20
Temperatura de máximo esfuerzo del conductor	10
Temperatura de flecha máxima del conductor	50
Velocidad de viento(Km/h)	50
Constante para superficies cilíndricas (K)	0.0042
presión del viento (kg/m <sup>2</sup> )	10.5
Fuerza aplicada del viento (kg/m)	0.147

**CONDICIONES DE CÁLCULO**

Esfuerzo Máx.del conductor(40% Esf. Rotura)	11.36
Esfuerzo de templado (14% Esf. Rotura)	4
Temperatura de templado del conductor	20
Temperatura de máximo esfuerzo del conductor	10
Temperatura de flecha máxima del conductor	50
Velocidad de viento(Km/h)	50
Constante para superficies cilíndricas (K)	0.0042
presión del viento (kg/m <sup>2</sup> )	10.5
Fuerza aplicada del viento (kg/m)	0.18375

**Hipotesis de cálculo**

<b>HIPOTESIS 1 (Condición de tiro Maximo)</b>	
TEMPERATURA(oC)	10
VELOC. VIENTO(km/h)	50
HIELO	0
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	2.5
Máximo Esfuerzo (40% del Tiro de Rotura)	11.95

**Hipotesis de cálculo**

<b>HIPOTESIS 1 (Condición de tiro Maximo)</b>	
TEMPERATURA(oC)	10
VELOC. VIENTO(km/h)	50
HIELO	0
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	2.5
Máximo Esfuerzo (40% del Tiro de Rotura)	11.09

**Hipotesis de cálculo**

<b>HIPOTESIS 1 (Condición de tiro Maximo)</b>	
TEMPERATURA(oC)	10
VELOC. VIENTO(km/h)	50
HIELO	0
COEFICIENTE DE SEGURIDAD	2.5
Máximo Esfuerzo (40% del Tiro de Rotura)	11.36

<b>HIPOTESIS 2(Condición de templado)</b>	
TEMPERATURA(oC)	20
VELOC. VIENTO(km/h)	0
HIELO (mm)	0
Máximo Esfuerzo (14% del Tiro de Rotura)	4.2

<b>HIPOTESIS 2(Condición de templado)</b>	
TEMPERATURA(oC)	20
VELOC. VIENTO(km/h)	0
HIELO (mm)	0
Máximo Esfuerzo (14% del Tiro de Rotura)	3.9

<b>HIPOTESIS 2(Condición de templado)</b>	
TEMPERATURA(oC)	20
VELOC. VIENTO(km/h)	0
HIELO (mm)	0
Máximo Esfuerzo (14% del Tiro de Rotura)	4

<b>HIPOTESIS 3 (Condición de Flecha Maxima)</b>	
TEMPERATURA(oC)	50
VELOC. VIENTO(km/h)	0
HIELO	0

<b>HIPOTESIS 3 (Condición de Flecha Maxima)</b>	
TEMPERATURA(oC)	50
VELOC. VIENTO(km/h)	0
HIELO	0

<b>HIPOTESIS 3 (Condición de Flecha Maxima)</b>	
TEMPERATURA(oC)	50
VELOC. VIENTO(km/h)	0
HIELO	0



**RESULTADO DE CÁLCULOS MECÁNICOS DE CABLES PARA RED  
AÉREA DE 22.8 kV**

<b>ALUMINIO</b>	
SECCION DEL CABLE	70mm <sup>2</sup>

HIPÓTESIS I CONDICION TIRO MÁXIMO ( T 10°C)			
VANO	D2	MAXIMA	MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	5.476	0.12	383.31
50	5.458	0.18	382.03
60	5.436	0.26	380.54
62	5.432	0.28	380.22
67	5.420	0.33	379.40
75	5.400	0.41	378.02
80	5.387	0.47	377.12
85	5.374	0.53	376.21
90	5.361	0.60	375.28
95	5.348	0.67	374.34
100	5.334	0.74	373.40

HIPÓTESIS II CONDICION TEMPLADO ( T 20°C)			
VANO	D2	FLECHA	TIRO MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	4.200	0.13	294.00
50	4.200	0.20	294.00
60	4.200	0.29	294.00
62	4.200	0.31	294.00
67	4.200	0.37	294.00
75	4.200	0.46	294.00
80	4.200	0.52	294.00
85	4.200	0.59	294.00
90	4.200	0.66	294.00
95	4.200	0.74	294.00
100	4.200	0.82	294.00

HIPÓTESIS III CONDICION FLECHA MÁXIMA ( T 50°C)			
VANO	D2	FLECHA MAXIMA	TIRO MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	1.454	0.38	101.77
50	1.850	0.52	115.50
60	1.828	0.67	127.83
62	1.858	0.71	130.15
67	1.838	0.78	135.78
70	1.888	0.84	139.00
75	2.080	0.93	144.20
80	2.131	1.03	148.17
85	2.188	1.12	153.83
90	2.284	1.22	158.48
95	2.328	1.33	162.84
100	2.388	1.43	167.02
110	2.488	1.68	174.88
120	2.802	1.88	182.13
130	2.897	2.14	188.82
140	2.788	2.41	195.02
150	2.888	2.88	200.75
160	2.944	2.88	208.07
170	3.014	3.28	211.00
180	3.080	3.60	215.59

<b>ALUMINIO</b>	
SECCION DEL CABLE	120mm <sup>2</sup>

HIPÓTESIS I CONDICION TIRO MAXIMO ( T 10°C)			
VANO	D2	MAXIMA	MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
50	5.139	0.19	359.72
60	5.100	0.27	357.01
62	5.092	0.29	356.44
67	5.071	0.34	354.95
70	5.058	0.37	354.04
75	5.036	0.43	352.49
80	5.013	0.49	350.90
85	4.990	0.55	349.29
90	4.967	0.62	347.68
95	4.944	0.70	346.06
100	4.921	0.78	344.45

HIPÓTESIS II CONDICION TEMPLADO ( T 20°C)			
VANO	D2	FLECHA	TIRO MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	3.900	0.14	273.00
50	3.900	0.23	273.00
60	3.900	0.32	273.00
62	3.900	0.35	273.00
67	3.900	0.40	273.00
70	3.900	0.44	273.00
75	3.900	0.51	273.00
80	3.900	0.58	273.00
85	3.900	0.65	273.00
90	3.900	0.73	273.00
95	3.900	0.81	273.00
100	3.900	0.90	273.00

HIPÓTESIS III CONDICION FLECHA MÁXIMA ( T 50°C)			
VANO	D2	FLECHA MAXIMA	TIRO MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	1.354	0.41	84.78
50	1.553	0.57	108.73
60	1.731	0.73	121.17
62	1.784	0.78	123.50
67	1.845	0.85	128.12
70	1.881	0.91	132.35
75	1.985	1.00	137.54
80	2.035	1.10	142.48
85	2.103	1.21	147.18
90	2.187	1.31	151.67
95	2.228	1.42	155.85
100	2.286	1.54	160.05
110	2.388	1.77	167.70
120	2.486	2.03	174.71
130	2.588	2.28	181.13
140	2.872	2.58	187.02
150	2.748	2.87	182.45
160	2.821	3.18	187.44
170	2.886	3.52	202.03
180	2.947	3.86	208.28

<b>ALUMINIO</b>	
SECCION DEL CABLE	185mm <sup>2</sup>

HIPÓTESIS I CONDICION TIRO MÁXIMO ( T 10°C)			
VANO	D2	MAXIMA	MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	5.267	0.12	368.71
50	5.231	0.18	366.14
60	5.188	0.26	363.17
62	5.179	0.28	362.54
67	5.156	0.33	360.91
70	5.142	0.36	359.91
75	5.117	0.42	358.19
80	5.092	0.48	356.44
85	5.067	0.54	354.66
90	5.041	0.61	352.87
95	5.015	0.68	351.07
100	4.990	0.76	349.27

HIPÓTESIS II CONDICION TEMPLADO ( T 20°C)			
VANO	D2	FLECHA	TIRO MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	4.000	0.14	280.00
50	4.000	0.22	280.00
60	4.000	0.32	280.00
62	4.000	0.34	280.00
67	4.000	0.40	280.00
70	4.000	0.44	280.00
75	4.000	0.50	280.00
80	4.000	0.57	280.00
85	4.000	0.65	280.00
90	4.000	0.73	280.00
95	4.000	0.81	280.00
100	4.000	0.90	280.00

HIPÓTESIS III CONDICION FLECHA MÁXIMA ( T 50°C)			
VANO	D2	FLECHA MAXIMA	TIRO MAXIMA
m	kg/mm <sup>2</sup>	m	Kg
40	1.404	0.41	98.25
50	1.805	0.58	112.38
60	1.785	0.72	124.88
62	1.818	0.78	127.35
67	1.801	0.85	133.04
70	1.847	0.80	138.32
75	2.023	1.00	141.58
80	2.084	1.08	148.58
85	2.182	1.20	151.38
90	2.227	1.30	155.82
95	2.288	1.41	160.28
100	2.348	1.52	164.42
110	2.480	1.78	172.18
120	2.582	2.01	179.31
130	2.855	2.28	185.84
140	2.741	2.58	181.84
150	2.818	2.88	187.38
160	2.892	3.17	202.45
170	2.959	3.50	207.13
180	3.021	3.84	211.46

CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 kV  
RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.

ESTRUCTURA AV-01  
POSTE(metros) 11.5  
CONDUCTOR EN 22.9kV ALUMINIO  
CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>										
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Flèche máxima cable de media tensión	F	m	0.52	0.67	0.84	1.0	1.22	1.43	1.68	1.89	2.14	2.41	2.69
Altura total del poste	P	m	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flèche máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	1.29
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H	m	2.3	2.2	2.0	1.8	1.8	1.4	1.2	1.0	0.7	0.4	0.2
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	7.45	7.23	6.98	6.70	6.42	6.10	5.76	5.40	5.01	4.60	4.17
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	0.95	0.73	0.48	0.20	(0.08)	(0.40)	(0.75)	(1.10)	(1.49)	(1.90)	(2.33)
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V=(L-l)-(D+F)	m	(0.20)	(0.35)	(0.52)	(0.71)	(0.90)	(1.11)	(1.34)	(1.57)	(1.82)	(2.09)	(2.37)
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001		SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

	CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>													
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Vano	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Flèche máxima cable de media tensión	0.57	0.73	0.91	1.1	1.3	1.54	1.8	2.0	2.3	2.58				
Altura total del poste	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5
Altura libre total del poste cimentado	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35
Altura libre total del poste cimentado B.T	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flèche máx. del cable de BT	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	1.29			
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.8	0.6	0.3				
Altura libre del cable de baja tensión al piso	7.40	7.17	6.91	6.63	6.33	5.99	5.64	5.28	4.86	4.43				
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5				
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	0.90	0.67	0.41	0.13	(0.17)	(0.51)	(0.86)	(1.24)	(1.64)	(2.07)				
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	(0.25)	(0.41)	(0.59)	(0.78)	(0.99)	(1.22)	(1.45)	(1.71)	(1.97)	(2.26)				
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO				

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>										
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
Flèche máxima cable de media tensión	F	m	0.56	0.72	0.90	1.09	1.30	1.52	1.76	2.01	2.28	2.56	
Altura total del poste	P	m	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	10.35	
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Flèche máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H	m	2.3	2.1	1.9	1.8	1.5	1.3	1.1	0.8	0.6	0.3	
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	7.41	7.18	6.92	6.64	6.34	6.01	5.65	5.28	4.87	4.45	
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	0.91	0.68	0.42	0.14	(0.16)	(0.49)	(0.85)	(1.22)	(1.63)	(2.05)	
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V=(L-l)-(D+F)	m	(0.24)	(0.40)	(0.58)	(0.77)	(0.98)	(1.20)	(1.44)	(1.69)	(1.96)	(2.24)	
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001		SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

Distancias entre cables según CNE Suministro 2001	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2

**CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 KV  
RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.**

**ESTRUCTURA** AV-01  
**POSTE(metros)** 13.0  
**CONDUCTOR EN 22.9KV** ALUMINIO  
**CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS** Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>											
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.52	0.67	0.84	1.0	1.22	1.43	1.68	1.89	2.14	2.41	2.69	
Altura total del poste M.T	P	m	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	
Altura libre total del poste cimentado M.T	L = 90% de P	m	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9KV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Altura libre del soporte del cable 22.9KV al piso	A = L - D	m	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	
Distancia de separación del cable inferior de 22.9KV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.88	1.00	1.14	1.29	
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H	m	3.7	3.5	3.4	3.2	3.0	2.8	2.5	2.3	2.1	1.8	1.5	
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C + G)	m	8.80	8.58	8.33	8.05	7.77	7.45	7.10	6.75	6.38	5.95	5.52	
Distancia mínima al piso de cable 22.9KV (CNE Suministro 2001)	M	m	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	2.30	2.08	1.83	1.55	1.27	0.95	0.80	0.25	(0.14)	(0.55)	(0.98)	
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V = (L - l) - (D + F)	m	1.15	1.00	0.83	0.64	0.45	0.24	0.01	(0.22)	(0.47)	(0.74)	(1.02)	
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	

	CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>											
	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140		
Vano	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140		
Flecha máxima cable de media tensión	0.57	0.73	0.91	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6		
Altura total del poste M.T	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13		
Altura libre total del poste cimentado M.T	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
Altura libre total del poste cimentado B.T	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83		
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9KV	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
Altura libre del soporte del cable 22.9KV al piso	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7		
Distancia de separación del cable inferior de 22.9KV al cable de BT	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Flecha máx. del cable de BT	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.88	1.00	1.14		
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.4	2.2	1.9	1.8		
Altura libre del cable de baja tensión al piso	8.75	8.52	8.28	7.98	7.68	7.34	6.99	6.61	6.21	5.78		
Distancia mínima al piso de cable 22.9KV (CNE Suministro 2001)	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5		
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	2.25	2.02	1.78	1.48	1.16	0.84	0.49	0.11	(0.29)	(0.72)		
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	1.10	0.94	0.76	0.57	0.36	0.13	(0.10)	(0.36)	(0.62)	(0.91)		
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO		

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>											
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140		
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140		
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.68	0.72	0.90	1.09	1.30	1.52	1.76	2.01	2.28	2.58		
Altura total del poste M.T	P	m	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13		
Altura libre total del poste cimentado M.T	L = 90% de P	m	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7		
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83		
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9KV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
Altura libre del soporte del cable 22.9KV al piso	A = L - D	m	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7		
Distancia de separación del cable inferior de 22.9KV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.88	1.00	1.14		
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H	m	3.8	3.5	3.3	3.1	2.9	2.7	2.4	2.2	1.9	1.8		
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C + G)	m	8.78	8.53	8.27	7.99	7.69	7.38	7.00	6.63	6.22	5.80		
Distancia mínima al piso de cable 22.9KV (CNE Suministro 2001)	M	m	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5		
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	2.28	2.03	1.77	1.49	1.19	0.88	0.50	0.13	(0.28)	(0.70)		
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V = (L - l) - (D + F)	m	1.11	0.95	0.77	0.58	0.37	0.15	(0.09)	(0.34)	(0.61)	(0.89)		
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO		

Distancias entre cables según CNE Suministro 2001	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2



**CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 KV  
RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.**

**ESTRUCTURA** AV-01  
 POSTE(metros) 15.0  
 CONDUCTOR EN 22.9KV ALUMINIO  
 CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>													
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.62	0.67	0.84	1.0	1.22	1.43	1.7	1.9	2.14	2.41	2.89	2.88	3.28	3.60
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Altura libre total del poste cimentado	L = 80% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 80% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9KV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura libre del soporte del cable 22.9KV al piso	A = L - D	m	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Distancia de separación del cable inferior de 22.9KV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.26	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.89	1.00	1.14	1.29	1.44	1.59	1.74
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		5.5	5.3	5.2	5.0	4.8	4.6	4.3	4.1	3.9	3.8	3.3	3.0	2.7	2.4
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	10.80	10.39	10.13	9.85	9.57	9.25	8.90	8.55	8.18	7.75	7.32	6.86	6.43	5.98
Distancia mínima al piso de cable 22.9KV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	4.10	3.86	3.63	3.35	3.07	2.75	2.40	2.05	1.68	1.25	0.82	0.38	(0.07)	(0.54)
Distancia libre para instalación de pastora para alumbrado público	V=(L-1)-(D+F)	m	2.65	2.80	2.83	2.44	2.25	2.04	1.81	1.58	1.33	1.08	0.78	0.49	0.19	(0.13)
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>													
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150			
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150			
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.57	0.73	0.91	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9			
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			
Altura libre total del poste cimentado	L = 80% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5			
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 80% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83			
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9KV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			
Altura libre del soporte del cable 22.9KV al piso	A = L - D	m	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5			
Distancia de separación del cable inferior de 22.9KV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2			
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	1.29			
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		5.4	5.3	5.1	4.9	4.7	4.5	4.2	4.0	3.7	3.4	3.1			
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	10.55	10.32	10.08	9.78	9.48	9.14	8.79	8.41	8.01	7.58	7.14			
Distancia mínima al piso de cable 22.9KV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5			
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	4.05	3.82	3.56	3.28	2.98	2.64	2.28	1.81	1.51	1.08	0.64			
Distancia libre para instalación de pastora para alumbrado público	V=(L-1)-(D+F)	m	2.90	2.74	2.58	2.37	2.16	1.93	1.70	1.44	1.19	0.89	0.60			
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI			

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>													
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.56	0.72	0.90	1.09	1.30	1.52	1.78	2.01	2.28	2.58	2.86	3.17	3.50	3.84
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Altura libre total del poste cimentado	L = 80% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 80% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9KV	D	m	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura libre del soporte del cable 22.9KV al piso	A = L - D	m	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
Distancia de separación del cable inferior de 22.9KV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	1.29	1.44	1.59	1.74
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		5.4	5.3	5.1	4.9	4.7	4.5	4.2	4.0	3.7	3.4	3.1	2.8	2.5	2.2
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	10.56	10.33	10.07	9.79	9.49	9.16	8.80	8.43	8.02	7.60	7.16	6.89	6.21	5.72
Distancia mínima al piso de cable 22.9KV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	4.06	3.83	3.57	3.28	2.98	2.68	2.30	1.93	1.52	1.10	0.65	0.18	(0.29)	(0.78)
Distancia libre para instalación de pastora para alumbrado público	V=(L-1)-(D+F)	m	2.91	2.75	2.57	2.38	2.17	1.95	1.71	1.46	1.18	0.91	0.61	0.30	(0.03)	(0.37)
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Distancias entre cables según CNE Suministro 2001	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2

**CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 kV**  
RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.

**ESTRUCTURA** AV-03  
 POSTE(metros) 13.0  
 CONDUCTOR EN 22,9kV ALUMINIO  
 CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>					
			50	60	70	80	90	100
Vano		m	50	60	70	80	90	100
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.52	0.67	0.84	1.0	1.22	1.43
Altura total del poste	P	m	13	13	13	13	13	13
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		2.5	2.3	2.2	2.0	1.6	1.6
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	7.60	7.38	7.13	6.85	6.57	6.25
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	1.10	0.88	0.63	0.35	0.07	(0.25)
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V=(L-l)-(D+F)	m	(0.05)	(0.20)	(0.37)	(0.58)	(0.75)	(0.96)
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	SI	SI	SI	NO

CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>					
50	60	70	80	90	100
0.57	0.73	0.91	1.10	1.31	1.54
13	13	13	13	13	13
11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62
2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5
7.55	7.32	7.06	6.78	6.46	
6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
1.05	0.62	0.56	0.28	(0.02)	(6.50)
(0.10)	(0.26)	(0.44)	(0.63)	(0.84)	(1.07)
SI	SI	SI	SI	NO	NO

CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>					
50	60	70	80	90	100
0.56	0.72	0.90	1.09	1.30	1.52
13	13	13	13	13	13
11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62
2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5
7.56	7.33	7.07	6.79	6.49	
6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
1.06	0.83	0.57	0.29	(0.01)	(6.50)
(0.09)	(0.25)	(0.43)	(0.62)	(0.83)	(1.05)
SI	SI	SI	SI	NO	NO

Distancias entre cables según CNE Suministro	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2

CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 kV  
RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.

ESTRUCTURA AV-03  
POSTE(metros) 15.0  
CONDUCTOR EN 22.9kV ALUMINIO  
CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>												
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150		
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150		
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.52	0.67	0.84	1.0	1.22	1.43	1.7	1.9	2.14	2.41	2.69		
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5		
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83		
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3		
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	1.29		
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		4.3	4.1	4.0	3.8	3.6	3.4	3.1	2.9	2.7	2.4	2.1		
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	9.40	9.18	8.93	8.65	8.37	8.05	7.70	7.35	6.98	6.55	6.12		
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5		
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	2.90	2.68	2.43	2.15	1.87	1.55	1.20	0.85	0.46	0.05	(0.38)		
Distancia libre para instalación de pastora para alumbrado público	V=(L-1)(D+F)	m	1.75	1.60	1.43	1.24	1.05	0.84	0.61	0.38	0.13	(0.14)	(0.42)		
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO		

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>												
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150		
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150		
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.57	0.73	0.91	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9		
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5		
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83		
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2		
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3		
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2		
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	1.29		
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		4.2	4.1	3.9	3.7	3.5	3.3	3.0	2.8	2.5	2.2	1.9		
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	9.35	9.12	8.88	8.58	8.28	7.94	7.59	7.21	6.81	6.38	5.94		
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5		
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	2.85	2.62	2.38	2.08	1.78	1.44	1.09	0.71	0.31	(0.12)	(0.56)		
Distancia libre para instalación de pastora para alumbrado público	V=(L-1)(D+F)	m	1.70	1.54	1.38	1.17	0.96	0.73	0.50	0.24	(0.02)	(0.31)	(0.60)		
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO		

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>										
			40	50	60.00	70.00	80.00	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	
Vano		m	40	50	60.00	70.00	80.00	100.00	110.00	120.00	130.00	140.00	
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.41	0.56	0.72	0.90	1.09	1.52	1.76	2.01	2.28	2.58	
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.86	1.00	1.14	
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		4.4	4.2	4.1	3.9	3.7	3.3	3.0	2.8	2.5	2.2	
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	9.51	9.29	9.05	8.78	8.50	7.98	7.80	7.23	6.82	6.40	
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	3.01	2.79	2.55	2.28	2.00	1.46	1.10	0.73	0.32	(0.10)	
Distancia libre para instalación de pastora para alumbrado público	V=(L-1)(D+F)	m	1.88	1.71	1.55	1.37	1.18	0.75	0.51	0.26	(0.01)	(0.29)	
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	

Distancias entre cables según CNE Suministro 2001	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2

**CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 kV**  
**RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.**

**ESTRUCTURA**

POSTE(metros)

CONDUCTOR EN 22.9kV

CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS

**AV-05**

13.0

ALUMINIO

Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>					
			50	60	70	80	90	100
Vano		m	50	60	70	80	90	100
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.52	0.7	0.84	1.03	1.22	1.43
Altura total del poste	P	m	13	13	13	13	13	13
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H	m	1.61	1.46	1.29	1.10	0.91	0.70
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	6.73	6.51	6.26	5.98	5.70	5.38
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	0.23	0.01	(0.24)	(0.52)	(0.80)	(1.12)
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V=(L-l)-(D+F)	m	(0.92)	(1.07)	(1.24)	(1.43)	(1.62)	(1.83)
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001			SI	SI	NO	NO	NO	NO

CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>					
50	60	70	80	90	100
0.57	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5
13	13	13	13	13	13
11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62
1.56	1.40	1.22	1.03	0.82	0.59
6.68	6.45	6.19	5.91	5.61	5.27
6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
0.18	(0.05)	(0.31)	(0.59)	(0.89)	(1.23)
(0.97)	(1.13)	(1.31)	(1.50)	(1.71)	(1.94)
SI	NO	NO	NO	NO	NO

CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>					
50	60	70	80	90	100
0.558	0.722	0.901	1.094	1.302	1.525
13	13	13	13	13	13
11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7
7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62
1.57	1.41	1.23	1.04	0.83	0.61
6.69	6.46	6.20	5.92	5.62	5.29
6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
0.19	(0.04)	(0.30)	(0.58)	(0.88)	(1.21)
(0.96)	(1.12)	(1.30)	(1.49)	(1.70)	(1.92)
SI	NO	NO	NO	NO	NO

Distancias entre cables según CNE Suministro 2001	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2



CÁLCULO DE VANOS MÁXIMOS PARA RED AÉREA DE 22.9 kV  
RED M.T.COMPARTIDO CON B.T.

ESTRUCTURA AV-05  
POSTE(metros) 15.0  
CONDUCTOR EN 22.9kV ALUMINIO  
CABLE DE B.T. AUTOSOPORTADOS Cualquier sección

Descripción	Símbolo	Unidad	CABLE DE ALUMINIO DE 70 mm <sup>2</sup>							
			50	60	70	80	90	100	110	120
Vano		m	50	60	70	80	90	100	110	120
Flecha máxima cable de media tensión	F	m	0.52	0.7	0.84	1.03	1.22	1.43	1.88	1.89
Altura total del poste	P	m	15	15	15	15	15	15	15	15
Altura libre total del poste cimentado	L = 90% de P	m	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
Altura libre total del poste cimentado B.T	l = 90% de 8.7	m	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
Distancia de la punta del poste a soporte del cable inferior de 22.9kV	D	m	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
Altura libre del soporte del cable 22.9kV al piso	A = L - D	m	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43
Distancia de separación del cable inferior de 22.9kV al cable de BT	C	m	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Flecha máx. del cable de BT	G	m	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.88
Distancia libre del cable inferior de MT hasta la distancia de seguridad	H		3.41	3.28	3.09	2.90	2.71	2.50	2.27	2.04
Altura libre del cable de baja tensión al piso	E = A - (F + C+G)	m	8.53	8.31	8.08	7.78	7.50	7.18	6.83	6.48
Distancia mínima al piso de cable 22.9kV (CNE Suministro 2001)	M	m	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
Diferencia entre altura libre total y distancia mínima	Z = E - M	m	2.03	1.81	1.58	1.28	1.00	0.68	0.33	(0.02)
Distancia libre para instalación de pastoral para alumbrado público	V=(L-l)-(D+F)	m	0.88	0.73	0.56	0.37	0.18	(0.03)	(0.26)	(0.49)
Cumple distancia mínima según CNE Suministro 2001		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

	CABLE DE ALUMINIO DE 120 mm <sup>2</sup>							
	50	60	70	80	90	100	110	120
	50	60	70	80	90	100	110	120
	0.57	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0
	15	15	15	15	15	15	15	15
	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43
	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.88
	3.38	3.20	3.02	2.83	2.62	2.39	2.18	1.90
	8.48	8.25	7.99	7.71	7.41	7.07	6.72	6.34
	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	1.98	1.75	1.49	1.21	0.91	0.57	0.22	(0.16)
	0.83	0.67	0.49	0.30	0.09	(0.14)	(0.37)	(0.63)
	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

	CABLE DE ALUMINIO DE 185 mm <sup>2</sup>							
	50	60	70	80	90	100	110	120
	50	60	70	80	90	100	110	120
	0.58	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0
	15	15	15	15	15	15	15	15
	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83	7.83
	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07
	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43	10.43
	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	0.18	0.25	0.3	0.4	0.51	0.62	0.74	0.88
	3.37	3.21	3.03	2.84	2.63	2.41	2.17	1.92
	8.49	8.28	8.00	7.72	7.42	7.09	6.73	6.36
	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	1.99	1.76	1.50	1.22	0.92	0.59	0.23	(0.14)
	0.84	0.68	0.50	0.31	0.10	(0.12)	(0.36)	(0.61)
	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

Distancias entre cables según CNE Suministr	Unidad	Unidad
De cable MT a cable de BT	m	1.2

## Resumen de los calculos realizados

<b>Tipo de Armado</b>	<b>AV-01</b>
-----------------------	--------------

**VANO MÁXIMO CÁLCULADO (m.)**

Longitud de Poste(m.)	Sección Conductor (mm2)		
	70	120	185
11.5	No se puede instalar		
13	No se puede instalar		
15	130	120	120

<b>Tipo de Armado</b>	<b>AV-03</b>
-----------------------	--------------

**VANO MÁXIMO CÁLCULADO (m.)**

Longitud de Poste	Sección Conductor (mm2)		
	70	120	185
11.5	No se puede instalar		
13	No se puede instalar		
15	70	70	70

<b>Tipo de Armado</b>	<b>AV-05</b>
-----------------------	--------------

**VANO MÁXIMO CÁLCULADO (m.)**

Longitud de Poste	Sección Conductor (mm2)		
	70	120	185
11.5	No se puede instalar		
13	No se puede instalar		
15	No se puede instalar		

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El presente informe ha sido desarrollado con la finalidad de tener una herramienta de consulta al momento de realizar un proyecto que contempla la configuración de la red de distribución de energía que se está planteando.
2. De los cuadros con los resultados de los cálculos realizados se tiene que para el armado AV-01 y AV-03 solo se pueden instalar para un poste de 15 m. y para el armado AV-05 en ningún caso se puede instalar la configuración planteada.
3. Se utilizó estructuras de alineamiento por ser estas las que en mayor proporción se instalan en redes aéreas de media y baja tensión.
4. Se recomienda que las empresas concesionarias distribuidoras de energía que utilizan la configuración planteada creen normas internas indicando el máximo de vano a las que se puedan tender dichas redes para así cumplir con lo indicado el CNE y Suministro.

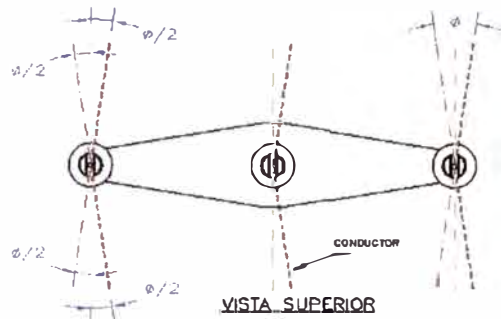
## **ANEXOS**



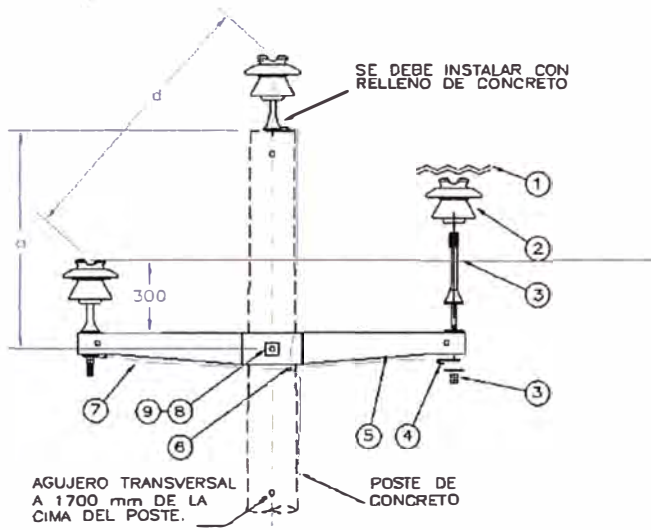
**ANEXO N°1**

**ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO TIPO PIN EN FORMACIÓN TRIANGULAR  
AV-01**

AV-1



$0^\circ \leq \phi^\circ \leq 1^\circ$



(Continua norma SE-3-160) ALTERNATIVA I

**NOTA:**

- ESTA ESTRUCTURA ES RECOMENDADA PARA CONDUCTORES DE ALEACION DE ALUMINIO DE 35, 70 Y 120 mm<sup>2</sup> DE SECCION Y CONDUCTORES DE COBRE DE 16, 35 Y 70 mm<sup>2</sup> DE SECCION.

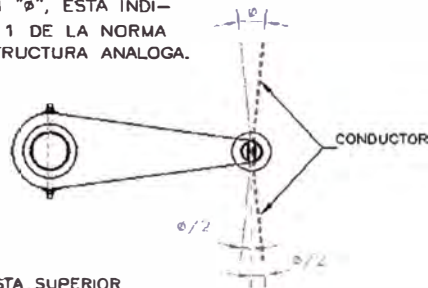
POSIC.	CANTID.	DESCRIPCION	NORMA o PLANO	POSIC.	CANTID.	DESCRIPCION	NORMA o PLANO
1	3	AMARRE PREFORMADO O MANUAL SEGUN CONDUCTOR	LE-7-430 LE-7-445	6	1	CONECTOR DERN.COMP.TP "G"	LE-3-265
2	3	AISLADOR PIN	CORROSION MODERADA LE-9-310 CORROSION SEVERA LE-9-315	7	Según Requer.	CONDUCTOR TW DE Cu 35mm <sup>2</sup>	CE-1-202
3	3	SOPORTE PIN	LE-9-601	8	2	ARANDELA PLANA DE ACERO	LE-7-628
4	3	PLANCHA DE COBRE	LE-7-540	9	1	VARILLA ROSCADA DE <math>\phi 5/8''</math>	LE-7-505
5	1	CRUCETA DE CONCRETO Z/1,50/400	LE-9-018				

ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO  
TIPO PIN - FORMACION TRIANGULAR - 22.9 kV

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LI-9-210

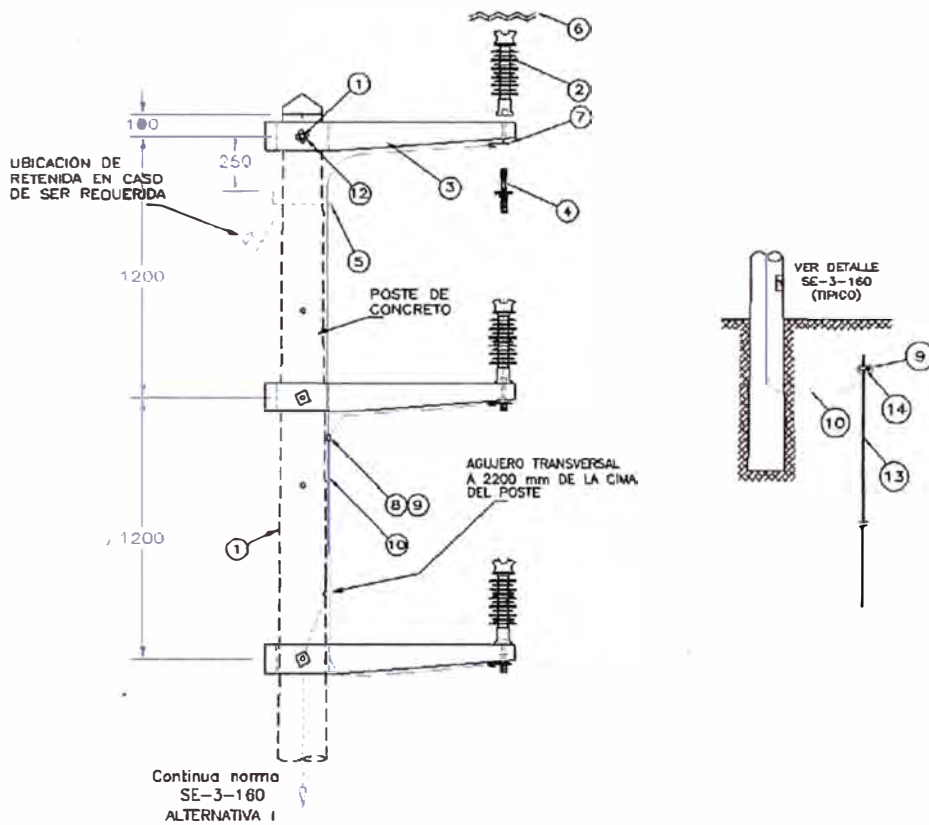
EL REQUERIMIENTO DE VIENTOS, SEGUN ANGULO DE DESVIACION "φ", ESTA INDICADO EN LA TABLA N° 1 DE LA NORMA LD-7-33D, SEGUN ESTRUCTURA ANALOGA.

AV-03



$0^\circ \leq \theta \leq 1^\circ$  SIN RETENIDA

VISTA SUPERIOR



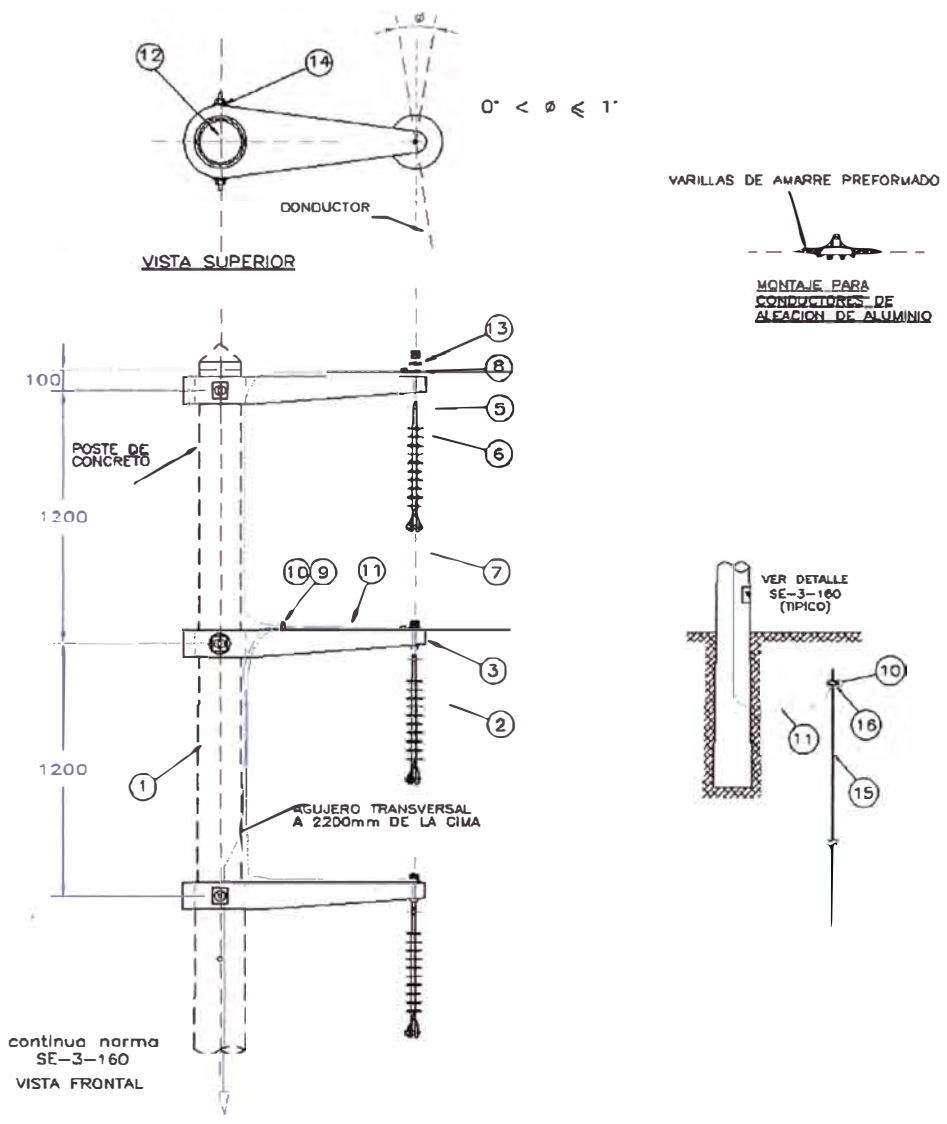
ESTRUCTURA DE ANGULO TIPO PIN  
EN FORMACION VERTICAL - 22,9 kV

REFERENCIA LUZ DEL SUR : LI-9-212

REFERENCIA LUZ DEL SUR : LI-9-212

ESTRUCTURA DE ANGULO TIPO PIN  
EN FORMACION VERTICAL - 22.9 KV

N°	MATRICULA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANT	NORMA o PLANO
1	5311544	POSTE DE C.A. DE 13.00/300/180/375 L.A. 10-22.9 KV (uso no compartido)	UN	1	DNC-098
	5311666	POSTE DE C.A. 15.00/400/210/435 L.A. 10-22.9 KV (uso compartido)	UN	1	DNC-099
2	5214496	AISLADOR POLIMERICO TIPO PIN PARA 22,9 KV	UN	3	LE-9-352
3	5322202	MENSULA DE C.A. M/0.75/250 DE 215 MMD MONT. POSTE	UN	2	DNC-100 LE-9-015
	5322204	MENSULA DE C.A. M/0.75/250 DE 245 MMD PARA POSTE D		1	
	5322206	MENSULA DE C.A. M/0.75/250 DE 275 MMD MONT . POSTE		1	
4	5462145	SOPORTE METALICO PARA AISLADOR SPOUMERICO TIPO PIN - 22.9 KV.	UN	3	LE-9-602
5	5464350	PERNO C/OJAL AC.GALV.16mmx180mm(7PULG).C/TUERCA Y OJAL DE 1"	UN	0. 3	LE-7-617
	6941466	ABRAZADERA PARA RETENIDA	UN	0. 3	LE-7-503
6	ver norma	AMARRE PREFDRMADO O MANUAL SEGUN CONDUCTOR		3	LE-7-430 LE-7-445
7	5466606	PLANCHA DE CU.C/AGUJERO DE 20 MMD.P LINEA TIERRA.	UN	3	LE-7-540
8	5411132	CONECTOR DERIV.COMPR.TP."G". CU.16-35/CU-16-35 MM2.	UN	1	LE-3-265
9	5134557	CINTA SCOTCH 2210 MASTIC 4"x3MT.P.PROTEC.CORROSION	RO	0.1	-
10	5021303	CONDUCTOR CABLEADO TW 750V.UNIP.AMARI. 1X 35 MM2	M.	17. 19	CE-1-202
11	5463116	VARILLA ROSCADA AC.GALV. 16MMD. X400MML. L.AEREAS	UN	3	LE-7-505
12	5461536	ARANDELA CUADR.CURV.AC.GALV. 75X75X4.5MM. 17.5MMD.	UN	6	LE-7-620
13	5017001	ELECTRODO COPPERWELD P.PUESTA A TIERRA 16MMDX2.4M.	UN	1	LE-7-555
14	6986108	CONECTOR BR.P.ELECTRODO PUESTA A TIERRA *SID-ET-46	UN	1	LE-7-560



ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO TIPO SUSPENSION  
SIMPLE TERNA - 22,9 kV

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR : LI-9-215

AV-05

N°	MATRICULA	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANT	NORMA o PLANO
1	5311544	POSTE DE C.A. DE 13.00/300/180/375 L.A. 10-22.9 KV	UN	1	DNC-098
	5311666	POSTE DE C.A. 15.00/400/210/435 L.A. 10-22.9 KV	UN	1	DNC-099
2	5211422	AISLADOR SUSP.POLIMERICO P.REDES DISTRIB. DE 22.9K	UN	3	LE-9-32B
3	5322202	MENSULA DE C.A. M/0.75/250 DE 215 MMD MONT. POSTE	UN	2	DNC-100
	5322204	MENSULA DE C.A. M/0.75/250 DE 245 MMD PARA POSTE D	UN	1	
	5322206	MENSULA DE C.A. M/0.75/250 DE 275 MMD MONT . POSTE	UN	1	
4	5441620	ESLABON DOBLE CON PASADOR DE AC.GALV. P/AISLADORES POLIM.	UN	3	LE-9-623
5	5464350	PERNO C/OJAL AC.GALV.16mmX180mm(7PULG).C/TUERCA Y OJAL DE 1"	UN	3	LE-7-617
6	5442216	HOROUILLA-BOLA PARALELA AC.HO.70KN.ESFUERZO MINMO.	UN	3	LE-7-651
7	5443420	ROTULA OJAL CORTA HO.G.C/AGUJ.17.5MMD.ESF.MIN.70KN	UN	3	LE-7-653
8	5466606	PLANCHA DE CU.C/AGUJERO DE 20 MMD.P.LINEA TIERRA.	UN	3	LE-7-540
9	5411132	CONECTOR DERIV.COMPR.TP."G". CU.16-35/CU-16-35 MM2.	UN	1	LE-3-265
10	5134557	CINTA SCOTCH 2210 MASTIC 4"x3MT.P.PROTEC.CORROSION	RO	0.1	-
11	5021303	CONDUCTOR CABLEADO TW 75OV.UNIP.AMARI. 1X 35 MM2	M.	17, 19	CE-1-202
12	5483116	VARILLA ROSCADA AC.GALV. 18MMD. X400MML. LAÉREAS	UN	3	LE-7-505
13	5461237	ARANDELA CUADR.PLANA AC.GALV. 75X75X4.5MM-AGUJ.21 OMMD.	UN	3	-
14	5461536	ARANDELA CUADR.CURV.AC.GALV. 75X75X4.5MM. 17.5MMD.	UN	6	LE-7-620
15	5017001	ELECTRODO COPPERWELD P.PUESTA A TIERRA 18MMDX2.4M.	UN	1	LE-7-555
16	6986108	CONECTOR BR.P.ELECTRODO PUESTA A TIERRA *SID-ET-46	UN	1	LE-7-560

ESTRUCTURA DE ALINEAMIENTO TIPO SUSPENSION  
 SIMPLE TERNA - 22,9 KV  
 REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR : LI-9-215

## 1.- ALCANCE

LA PRESENTE NORMA INDICA LOS POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS DE CONCRETO ARMADO, USADOS EN LINEAS AEREAS DE 22,9 kv DEL SUBSISTEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCION PRIMARIA EN EL AREA DE RESPONSABILIDAD DE LUZ DEL SUR S.A.

## 2.- POSTES DE CONCRETO ARMADO

LOS POSTES SERAN DE FORMA TRONCOCONICA, SUS SECCIONES TRANSVERSALES SERAN CIRCULARES ANULARES. LAS DIMENSIONES DE LOS POSTES, UBICACION Y DIMENSIONES DE LOS AGUJEROS DEBERAN SER SEGUN LO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LUZ DEL SUR DNS-ET-009a Y NORMA ITINTEC 339.027. LOS POSTES SERAN FABRICADOS DE UN SOLO CUERPO.

EN LA PAGINA 4 SE INDICA RESUMIDAMENTE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS POSTES NORMALIZADOS.

### 2.1 CARGAS DE TRABAJO NOMINAL.-

SE DISTINGUEN DOS TIPOS:

- a. CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL (T).- ES LA CARGA MAXIMA APLICADA A 10 cm DE LA CIMA PERPENDICULARMENTE AL EJE LONGITUDINAL DEL POSTE Y EN CUALQUIER DIRECCION, PARA LA CUAL EL POSTE HA SIDO DISENADO.
- b. CARGA DE TRABAJO VERTICAL (V).- ES LA CARGA VERTICAL Y HACIA ABAJO GARANTIZADA POR EL FABRICANTE QUE PUEDE SER APLICADA A UN POSTE A 10 cm DE LA CIMA, EN DIRECCION LONGITUDINAL DEL POSTE.

2.2 CARGAS DE ROTURA NOMINAL.- SON LAS CARGAS INDICADAS POR EL FABRICANTE QUE APLICADAS DE IGUAL FORMA QUE LAS CARGAS DE TRABAJO INDICADAS EN 2.1 DETERMINAN LA FALLA DEL POSTE.

2.3 DESIGNACION.- LA DESIGNACION DE LOS POSTES ESTA DADA POR NUMEROS CORRELATIVOS SEGUN EL SIGUIENTE ORDEN.

- a. LONGITUD TOTAL DEL POSTE EN METROS.
- b. CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL EN kg.
- c. DIAMETRO EN LA CIMA EN mm.
- d. DIAMETRO DE LA BASE EN mm.
- e. UTILIZACION

EJEMPLO:

DESIGNACION DE UN POSTE DE 13m DE LONGITUD, 300 kg DE CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL, 180 mm DE DIAMETRO EN LA CIMA, 375 mm DE DIAMETRO EN LA BASE, PARA LINEAS AEREAS DE 10 ó 22,9 kv

13/300/180/375/LA10-22.9 kv:

a b c d e

NORMALIZACION BASICA DE POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS  
DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS - 22,9 kv

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-9-310

2.4 IDENTIFICACION O ROTULADO.— CADA POSTE POSEERA EL SIGUIENTE ROTULADO PERMANENTE:

- MARCA O NOMBRE DEL FABRICANTE (MF)
- AÑO DE FABRICACION (XY)
- CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL (F)
- ALTURA EN METROS (L)
- UTILIZACION (U): LA10-22,9kV

ADICIONALMENTE EN CADA POSTE SE INDICARAN LOS LIMITES DE EMPOTRAMIENTO A 0.1L Y (0,1L + 0.6)m DE LA BASE.

2.5 INSTALACION.— NORMALMENTE LOS POSTES SERAN INSTALADOS EMPOTRANDO UNA PORCION DE SU LONGITUD (L) SEGUN LO SIGUIENTE:

- EMPOTRAMIENTO EN CIMIENTO DE CONCRETO (0,1L)m
- EMPOTRAMIENTO DIRECTO EN EL SUELO (0.1L + 0.6)m

### 3.- CRUCETAS Y MENSULAS DE CONCRETO ARMADO

LAS DIMENSIONES DE LAS CRUCETAS Y MENSULAS, UBICACION Y DIMENSIONES DE LOS AGUJEROS DEBERAN SER SEGUN LO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LUZ DEL SUR S.A. SID-ET-071

EN LA PAGINA 5 SE INDICA RESUMIDAMENTE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS CRUCETAS Y MENSULAS.

3.1 CARGAS DE TRABAJO NOMINAL.— SE DISTINGUEN 3 TIPOS: (VER PAGINA 5 DE LA PRESENTE NORMA).

- a. CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL (T) .- ES LA CARGA MAXIMA APLICADA EN EN CUALQUIER SENTIDO, PERPENDICULARMENTE AL EJE LONGITUDINAL DE LA CRUCETA O MENSULA, PARA LA CUAL HA SIDO DISEÑADA.
- b. CARGA DE TRABAJO VERTICAL (V) .- ES LA CARGA MAXIMA APLICADA EN DIRECCION VERTICAL Y HACIA ABAJO, PARA LA CUAL LA CRUCETA O MENSULA HA SIDO DISEÑADA.
- c. CARGA DE TRABAJO LONGITUDINAL (F) .- ES LA CARGA MAXIMA APLICADA EN DIRECCION AL EJE LONGITUDINAL DE LA CRUCETA O MENSULA, PARA LA CUAL HA SIDO DISEÑADA.

3.2 CARGAS DE ROTURA NOMINAL.— SON LAS CARGAS QUE APLICADAS DE IGUAL FORMA QUE LAS CARGAS DE TRABAJO INDICADAS EN 3.1 DETERMINAN LA FALLA DE LA CRUCETA O MENSULA.

3.3 DESIGNACION.— LA DESIGNACION DE LAS CRUCETAS Y MENSULAS ESTA DADA POR LETRAS Y NUMEROS SEGUN EL SIGUIENTE ORDEN:

- a. LETRA CARACTERISTICA (Z PARA CRUCETA Y Z<sub>a</sub> PARA CRUCETA ASIMETRICA) Y M PARA MENSULA).
- b. LONGITUD NOMINAL (L<sub>n</sub>) EN METROS. EN PARTICULAR PARA LA Z<sub>a</sub> SE INDICARA ADEMAS LA LONGITUD DEL BRAZO MAYOR.
- c. CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL EN kg.

NORMALIZACION BASICA DE POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS  
DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS — 22,9 kV

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-9-310



**EJEMPLOS:**

DESIGNACION DE UNA CRUCETA DE 2,4m DE LONGITUD NOMINAL Y DE 600 kg DE CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL EN AMBOS EXTREMOS:

Z/2,4/600

a b c

DESIGNACION DE UNA CRUCETA ASIMETRICA DE 1,8m DE LONGITUD NOMINAL, CON BRAZO MAYOR DE 1,2m Y 250 kg DE CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL EN AMBOS EXTREMOS:

Za/1,8/1,2/250

a b c

DESIGNACION PARA MENSULA DE 0,75m DE LONGITUD NOMINAL Y 250 kg DE CARGA DE TRABAJO TRANSVERSAL EN SU EXTREMO.

M/0,75/250

a b c

3.4 IDENTIFICACION O ROTULADO.— CADA CRUCETA O MENSULA POSEERA MARCAS EN RELIEVE DE LAS CARGAS DE DISEÑO (T, F y V) CORRESPONDIENTE CONFORME ESTA INDICADO EN LA PAGINA 5 DE LA PRESENTE NORMA.

3.5 INSTALACION Y APLICACION.— LAS CRUCETAS Y MENSULAS SE INSTALARAN EMBONANDOLAS AL POSTE CORRESPONDIENTE Y FIJANDOLA MEDIANTE UNA VARRILLA ROSCADA DE 16mm  $\phi$  (5/8"  $\phi$ ) SIEMPRE QUE EL POSTE POSEA LOS AGUJEROS CORRESPONDIENTES; DE LO CONTRARIO SOLO SE FIJARAN MEDIANTE MORTERO Y CUÑAS DE MADERA APROPIADAS.

**4.- COEFICIENTE DE SEGURIDAD**

ES LA RELACION ENTRE LA CARGA DE ROTURA Y LA CARGA DE TRABAJO. PARA POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS SE ESTABLECE UN COEFICIENTE DE SEGURIDAD DE 2 COMO MINIMO.

**5.- RECUBRIMIENTO MINIMO**

LOS POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS DEBEN TENER UN RECUBRIMIENTO DE CONCRETO DE 15 mm COMO MINIMO.

**6.- CARGAS DE ROTURA NOMINAL PARA TRANSPORTE Y MANIPULEO DE POSTES**

LOS POSTES DEBERAN TENER LAS CARGAS DE ROTURA NOMINALES MINIMAS PARA TRANSPORTE Y MANIPULEO DE:

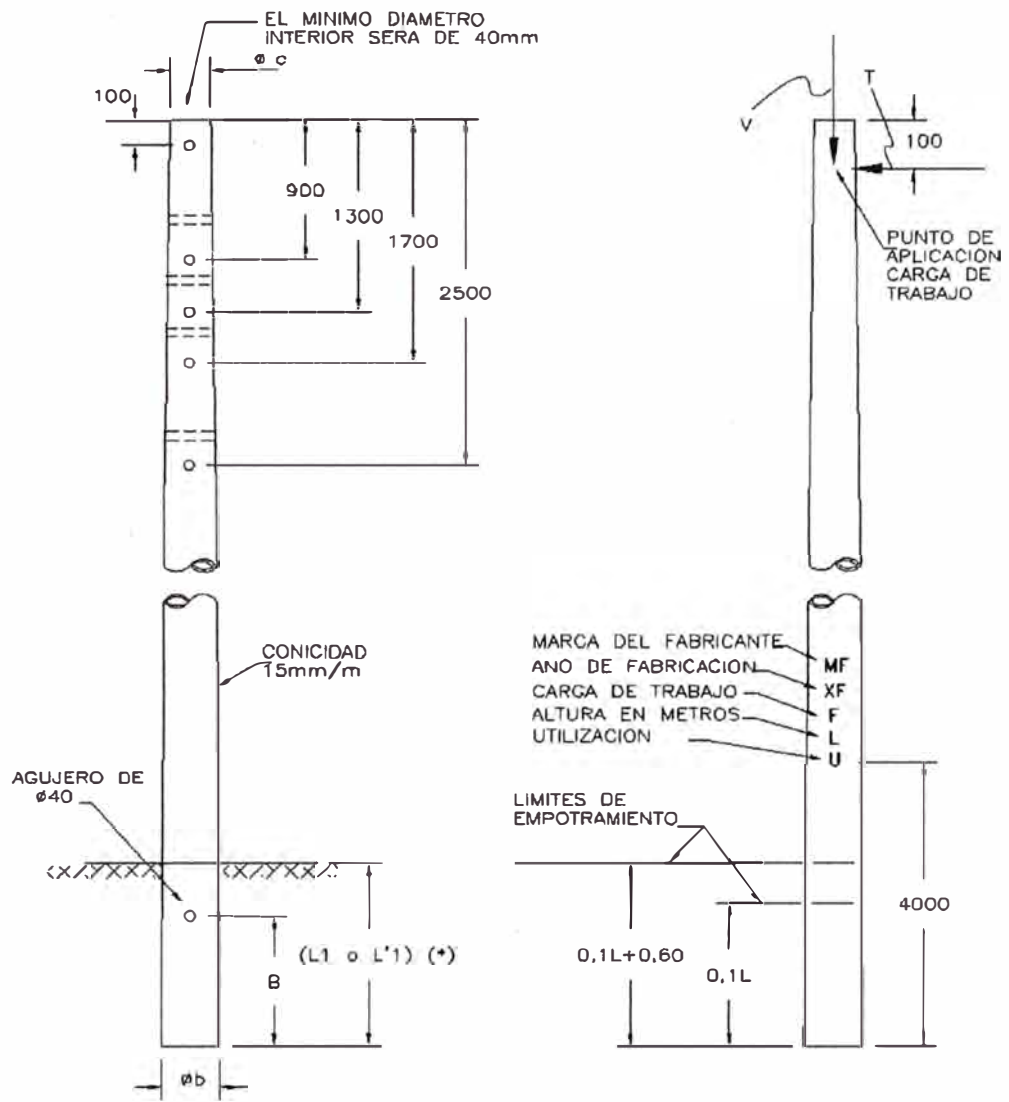
400 kg PARA POSTES DE 11,5m

600 kg PARA POSTES DE 13m

800 kg PARA POSTES DE 15m

NORMALIZACION BASICA DE POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS  
DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS — 22,9 kV

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-9-310



DIMENSIONES Y EMPOTRAMIENTO

MARCADO DE POSTES

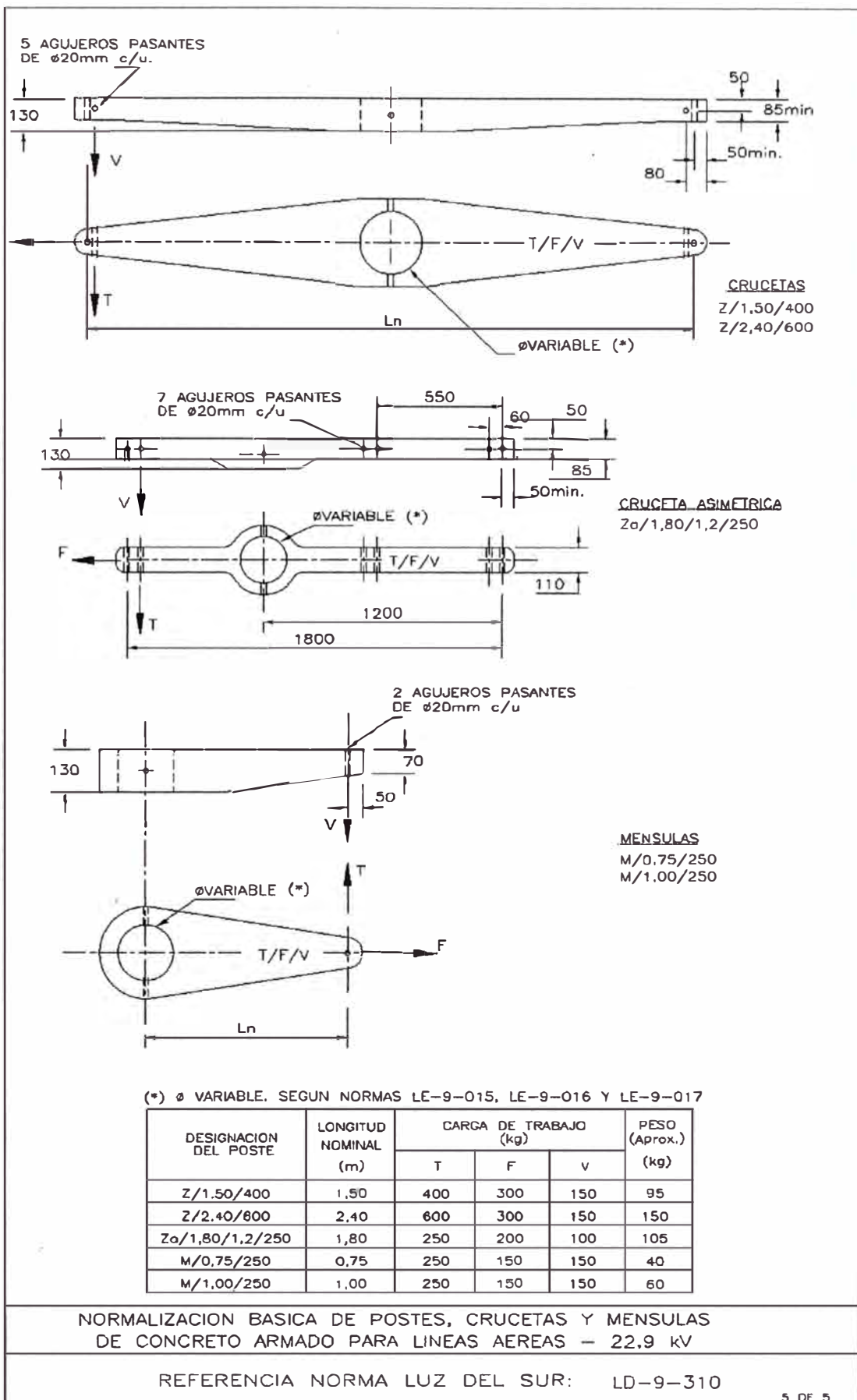
DESIGNACION DEL POSTE	L (m)	CARGA DE TRABAJO (kg)	DIAMETRO (mm)		LONGITUD * EMPOTRAMIENTO		B (m)
			øc	øb	L1(m)	L'1(m)	
11.5/200/150/323/10-22.9	11.5	200	150	323	1,15	1,75	1,40
11.5/400/180/353/10-22.9		400	180	353	1,15	1,75	1,40
11.5/500/180/353/10-22.9		500	180	353	1,15	1,75	1,40
13/300/180/375/10-22.9	13	300	180	375	1,30	1,90	1,60
13/400/180/375/10-22.9		400	180	375	1,30	1,90	1,60
13/500/180/375/10-22.9		500	180	375	1,30	1,90	1,60
15/400/210/435/10-22.9	15	400	210	435	1,50	2,10	1,80
15/500/210/435/10-22.9		500	210	435	1,50	2,10	1,80

REFERENCIA: PLANOS: DNC-097 (11.5m); DNC-098 (13m) Y DNC-099 (15m)

\* L1 CON BASE DE CONCRETO  
 † L'1 SIN BASE DE CONCRETO

NORMALIZACION BASICA DE POSTES, CRUCETAS Y MENSULAS DE CONCRETO ARMADO PARA LINEAS AEREAS 10-22,9 kV

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-9-310



1.- NORMAS Y ESPECIFICACION TECNICA DE REFERENCIA

- ASTM B399 : Para diseño y la construcción de la sección de 70 mm<sup>2</sup>.
- DIN 48201 : Para diseño y la construcción de la sección de 120 mm<sup>2</sup>.
- IRAM 2212 : Para diseño y la construcción de la sección de 185 mm<sup>2</sup>.
- IEC Pub.1089/1991 : Para requerimientos básicos y cableado del conductor.
- IEC 104 : Para propiedades físicas y electromecánicas.
- DIN 48202 : Para referencia de propiedades físicas y electromecánicas.
- CEGB Std 993106/1980 : Para las condiciones y parámetros de engrasado. 993106/1980.

2.- CARACTERISTICAS TECNICAS DE CONDUCTORES DE ALEACION DE ALUMINIO CABLEADOS DESNUDOS (6201-T81 & AAAC)

2.1 CARACTERISTICAS MECANICAS Y ELECTRICAS

- Material	ALEACION TOTAL DE ALUMINIO CON 0,5% DE Mg Y 0,5% DE Si - ESTANDAR 6201-T81		
- Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	70	120	185
- Sección real (mm <sup>2</sup> )	67,35	116,99	184,5
- N° de alambres	7	19	37
- Diámetro nominal de cada alambre (mm)	3,5	2,8	2,52
- Diámetro nominal exterior (mm)	10,50	14,00	17,50
- Carga mínima de rotura (kN)	20,50	32,60	51,50
- Masa Aproximada (Kg/Km)	184	322	510
- Mínima masa de grasa (gr/m)	7	15	22
- Densidad a 20°C (gr/cm <sup>3</sup> )	2,69	2,69	2,69
- Temperatura de goteo de la grasa (°C)	>95 °C	>95 °C	>95 °C
- Módulo de elasticidad (kg/mm <sup>2</sup> )	6122	5816	5816
- Coeficiente de dilatación lineal a 20°C (1/°C)	2,3 × 10 <sup>-5</sup>		
- Coeficiente térmico de resistencia a 20°C (1/°C)	0,0036		
- Resistividad eléctrica en D.C. a 20°C (Ohm-mm <sup>2</sup> /m)	0,0325		
- Resistencia eléctrica en D.C. a 20°C (Ohm/Km)	0,51	0,282	0,184
- Resistencia eléctrica en A.C. a 60°C (Ohm/Km)	0,5834	0,3226	0,2210
- Cableado	El cableado de la capa externa de conductores será en sentido de la mano derecha.		

- Referencia : DNC-ET-007a

NORMALIZACION DE CONDUCTORES DE ALEACION TOTAL DE ALUMINIO PARA M.T.

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR : LD-9-020

CARACTERISTICAS TECNICAS DEL CONDUCTOR.-

EL CONDUCTOR SERA DE ALUMINIO. CABLEADO CIRCULAR COMPACTO  
EL CONDUCTOR PUEDE TENER LAS SIGUIENTES SECCIONES :

CONDUCTORES DE ALUMINIO .-

Al : 16, 25, 35, 50, 70 mm<sup>2</sup>

CARACTERISTICAS MECANICAS

MATERIAL	ALUMINIO				
SECCION NOMINAL(mm <sup>2</sup> )	16	25	35	50	70
NUMERO DE ALAMBRES	7	7	7	19	19
DIAMETRO NOMINAL EXTERIOR (mm)	4,75	5,90	6,95	8,10	9,75
PESO(Kg/Km)	43,5	66,7	92,4	125	181
DENSIDAD A 20°C (gr/cm <sup>3</sup> )	2.703				
COEFIC. DE DILATACION LINEAL A 20°C(1/°C)	2,3x10 <sup>-5</sup>				

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

SECCION NOMINAL(mm <sup>2</sup> )	16	25	35	50	70
COEFIC.DE TEMPERATURA A 20°C (1/°C)	0,00403				
RESISTIVIDAD ELECTRICA A 20° (Ωxmm <sup>2</sup> /km)	28,265				
RESISTENCIA ELECTRICA EN D.C. A 20°C (Ω/Km)	1,910	1,200	0,868	0,641	0,443

Y DEBERA CUMPLIR CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA NORMA ITINTEC 370.042  
Agosto, 1987.

REFERENCIA: DNC-ET-011o

CONDUCTOR DE ALUMINIO AISLADO TIPO CAAI-S  
PARA REDES AERAS DE B.T.

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-1-115

CARACTERISTICAS DEL SOPORTE.-

EL SOPORTE SERA UN CABLE COMPUESTO DE ACERO GALVANIZADO CLASE A, TIPO EHS (EXTRA HIGH STRENGTH), Y TENDRA UNA CUBIERTA DE PROTECCION DE POLIETILENO RÉTICULADO COLOR NEGRO. ESTE SOPORTE DEBERA CUMPLIR CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS :

CARACTERISTICAS MECANICAS Y DIMENSIONALES DEL SOPORTE

DIAMETRO NOMINAL (mm)		DIAMETRO NOMINAL DE LOS ALAMBRES COMPONENTES (mm)	No. DE ALAMBRES	CARGA DE ROTURA (Kg)	MASA NOMINAL Kg/Km		PESO MINIMO DE ZINC (gr/m <sup>2</sup> )
SIN CUBIERTA	CON CUBIERTA				SIN CUBIERTA	CON CUBIERTA	
2,7	4,3	0,9	7	624	35	45	122
3,6	5,2	1,2	7	1260	63	80	150

ADEMAS DEBERA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE LAS NORMAS ITINTEC 370.051 Agosto, 1987 Y ASTM A 475-95.

CONDUCTOR DE ALUMINIO AISLADO TIPO CAAI-S  
PARA REDES AERAS DE B.T.

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-1-115

CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION.-

LA CAPACIDAD DE CORRIENTE INDICADA EN LA TABLA N° 1, CONSIDERA COMO CONDICIONES NORMALES DE OPERACION LO SIGUIENTE :

- TEMPERATURA DE OPERACION DEL CONDUCTOR : 90 °C
- VELOCIDAD NORMAL DEL VIENTO : 1 m/seg.

SECCION NOMINAL	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A) TEMPERATURA AMBIENTE			
	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
16	97	89	81	72
25	127	117	107	95
35	153	141	129	114
50	186	171	156	139
70	233	215	196	174

TABLA N° 1

CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDICIONES DE EMERGENCIA.-

SE ENTIENDE POR CONDICIONES DE EMERGENCIA, AQUELLAS MAGNITUDES DE CORRIENTE QUE OCASIONAN UN AUMENTO DE TEMPERATURA POR ENCIMA DE SU VALOR NORMAL Y QUE ESTA DISPUESTO A SOPORTAR EL CABLE (EN ESTE CASO EL AISLAMIENTO) POR ESPACIOS DE TIEMPO RELATIVAMENTE CORTOS.

- LA TEMPERATURA DE EMERGENCIA PARA LOS CABLES DE POLIETILENO RETICULADO ES DE 130 °C.
- LA CORRIENTE EN ESTAS CONDICIONES SIGNIFICA AUMENTAR VALORES DE CAPACIDAD DE CORRIENTE EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION EN UN 19%.

CONDUCTOR DE ALUMINIO AISLADO TIPO CAAI-S  
PARA REDES AERAS DE B.T.

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-1-115

CONDICIONES DE CORTOCIRCUITO.-

LA MAXIMA CORRIENTE PERMISIBLE DE FALLA DEBE SER COORDINADA CON LOS EQUIPOS DE PROTECCION Y MANIOBRA, POR LO TANTO ES IMPORTANTE DETERMINAR SU MAGNITUD EN FUNCION DEL TIEMPO.

FORMULA BASADA EN LA TEMPERATURA MAXIMA DE CORTOCIRCUITO :

LA CORRIENTE MEDIA EFICAZ DE CORTOCIRCUITO SE CALCULA COMO SIGUE:

$$I = K * \frac{S}{\sqrt{t}}$$

I = CORRIENTE MEDIA EFICAZ EN KA.

S = SECCION TRANSVERSAL DEL CONDUCTOR EN mm<sup>2</sup>

t = TIEMPO DE DESCONEXION EN SEG.

K = COEFICIENTE EN FUNCION DE LA TEMPERATURA Y DEL MATERIAL

$$I = 0,093 * \frac{S}{\sqrt{t}}$$

- A.- PARA DETERMINAR LA MAXIMA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO PERMITIDA EN EL CABLE.
- B.- PARA DETERMINAR LA SECCION DEL CONDUCTOR NECESARIO PARA SOPORTAR UNA PARTICULAR CONDICION DE CORTOCIRCUITO.
- C.- PARA DETERMINAR EL TIEMPO MAXIMO QUE UN CABLE PUEDE FUNCIONAR, CON UNA PARTICULAR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO, SIN DAÑAR EL AISLAMIENTO.

CONDUCTOR DE ALUMINIO AISLADO TIPO CAAI-S  
PARA REDES AERAS DE B.T.

REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR:

LD-1-115



PARAMETROS ELECTRICOS DEL CAAI-S

SECCION (mm <sup>2</sup> )	DIAMETRO PORTANTE(mm)		DIAMETRO CONDUCTOR(mm)		R(20°C)	R(50°C)	RMG	DMG	x3φ	K3φ
	SIN CUBIERTA	CON CUBIERTA	SIN CUBIERTA	CON CUBIERTA	(Ohm/Km)	(Ohm/Km)	(mm)	(mm)	(Ohm/Km)	(V/A.Km)
16	2,7	4,7	4,75	6,75	1,910	2,1409	1,7243	7,9203	0,11495	3,7135
25	2,7	4,7	5,90	7,90	1,200	1,3451	2,1417	9,1585	0,10955	2,3375
35	2,7	4,7	6,95	8,95	0,868	0,9729	2,5229	10,2681	0,10583	1,6951
50	2,7	4,7	8,10	10,50	0,641	0,7185	2,9403	11,8738	0,10524	1,2578
70	3,6	5,6	9,75	12,55	0,443	0,4966	3,6953	14,1878	0,10143	0,8778

DONDE :

RMG : RADIO MEDIO GEOMETRICO TRIFASICO (3φ)

X3φ : REACTANCIA INDUCTIVA TRIFASICO

R(50°C) : RESISTENCIA ELECTRICA A 50°C

NOTA :

ESTOS PARAMETROS HAN SIDO CALCULADOS CON EL METODO CONVENCIONAL, CONSIDERANDO UN SISTEMA BALANCEADO DE TRES HILOS.  
PARA EL SISTEMA DE CUATRO HILOS CONSIDERAR DE UN 5 A 10% MAS DICHOS FACTORES

CONDUCTOR DE ALUMINIO AISLADO TIPO CAAI-S  
 PARA REDES AERAS DE B.T.  
 REFERENCIA NORMA LUZ DEL SUR: LD-1-115

## BIBLIOGRAFIA

1. Ministerio de Energía y Minas -DGE  
Código Nacional de Electricidad y Suministro-Julio 2002
2. Ministerio de Energía y Minas -DGE  
Norma DGE "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural"- Diciembre 2003
3. Colegio de Ingenieros del Perú  
"Curso Profesional: Diseño de Líneas de Transmisión Aéreas de Alta Tensión"  
Lima - 6,7,10 de octubre 1998
4. Ing. Miguel Becerra Fernández , Colegio de Ingenieros del Perú  
Curso Profesional: Líneas de Transmisión de Potencia"  
6,7,10 de octubre 1998
5. Empresa de Electricidad Luz del Sur S.A.A  
Normas y E.T de redes de distribución aéreas en Media Tensión y Baja Tensión
6. Luís Maria Checa  
Líneas de Transporte de Energía  
Editorial :Marcombo / 3ra. edición:1988
7. Ing. Juan Bautista Rios  
Curso: Líneas de Transmisión de Potencia  
Universidad Nacional de Ingeniería- FIEE
8. Fernando Bacigalupe Camarero  
Líneas Aéreas de Media y Baja Tensión-Cálculo Mecánico  
Editorial :Paraninfo / Edición:2000
9. Página web: <http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/enlaces/enlaces.htm>  
Trata sobre temas de electricidad en general/ Idioma: Español
- 10.0 Pagina Web: <http://davinci.ing.unlp.edu.ar/sispot/>  
Trata sobre Líneas de Transmisión/ Procedencia: Argentina