

1

878517

# VNIVERSIDAD NVEVO MVNDO

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA U.N.A.M.



METODO DEL TRABAJO EN LA CONSTRUCCION  
DE LINEAS AEREAS DE CORRIENTE ELECTRICA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA - INDUSTRIAL

PRESENTA

JUAN CARLOS DE LA CRUZ AHUMADA

DIRECTOR DE TESIS  
ING. ARTURO VARGAS W.

MEXICO 2001

295870



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS ESTA DEDICADA A  
MIS DOS HEROES. MIS PADRES  
QUE ALGUN DIA ME VIERON  
APRENDER A CAMINAR Y AHORA  
ME VEN SEGUIR SUS PASOS

***Índice general:***

	<i>pagina</i>
Índice general.....	1
Introducción .....	2
Prólogo .....	5
Capítulo 1.....	7
Conceptos físicos	
Capítulo 2 .....	30
Materiales	
Capítulo 3 .....	37
Topografía, apertura de brecha forestal y caminos de acceso	
Capítulo 4 .....	45
Cimentaciones y sistemas de tierras	
Capítulo 5 .....	61
Ensamble de torres	
Capítulo 6 .....	72
Tendido, inspección y pruebas finales	
Capítulo 7.....	84
Seguridad en la obra	
Conclusiones.....	99
Bibliografía .....	100

---

## **Introducción**

Es imposible pensar en la vida moderna sin energía eléctrica. Ninguna fábrica, negocio, taller, Consultorio, tienda o local podría trabajar sin ella.

La electricidad genera calor, movimiento, imagen y sonido entre otras. Sin ella, no sería posible el avance científico, tecnológico, económico y social. En el nuevo milenio, seguirá siendo imprescindible en nuestras vidas.

La electricidad no es un recurso natural como el petróleo, es un bien que produce el hombre es muy costoso almacenar. Generarla y llevarla a donde se necesita requiere un gran esfuerzo humano y económico.

La capacidad que hoy tenemos para producir y transportar electricidad se debe a la acción continua de los trabajadores del sector eléctrico, quienes instalan, operan y dan mantenimiento a las plantas de generación y a los miles y miles de kilómetros de Líneas, torres, cables y postes que transmiten y distribuyen la energía eléctrica.

La electricidad se genera mediante diversas formas, a continuación mencionamos algunos tipos:

Hidroeléctrica: la caída de corrientes de agua

Termoeléctrica: la combustión del gas natural y el petróleo

Nucleoeléctrica: la fusión nuclear

Carboeléctrica: la combustión del carbón

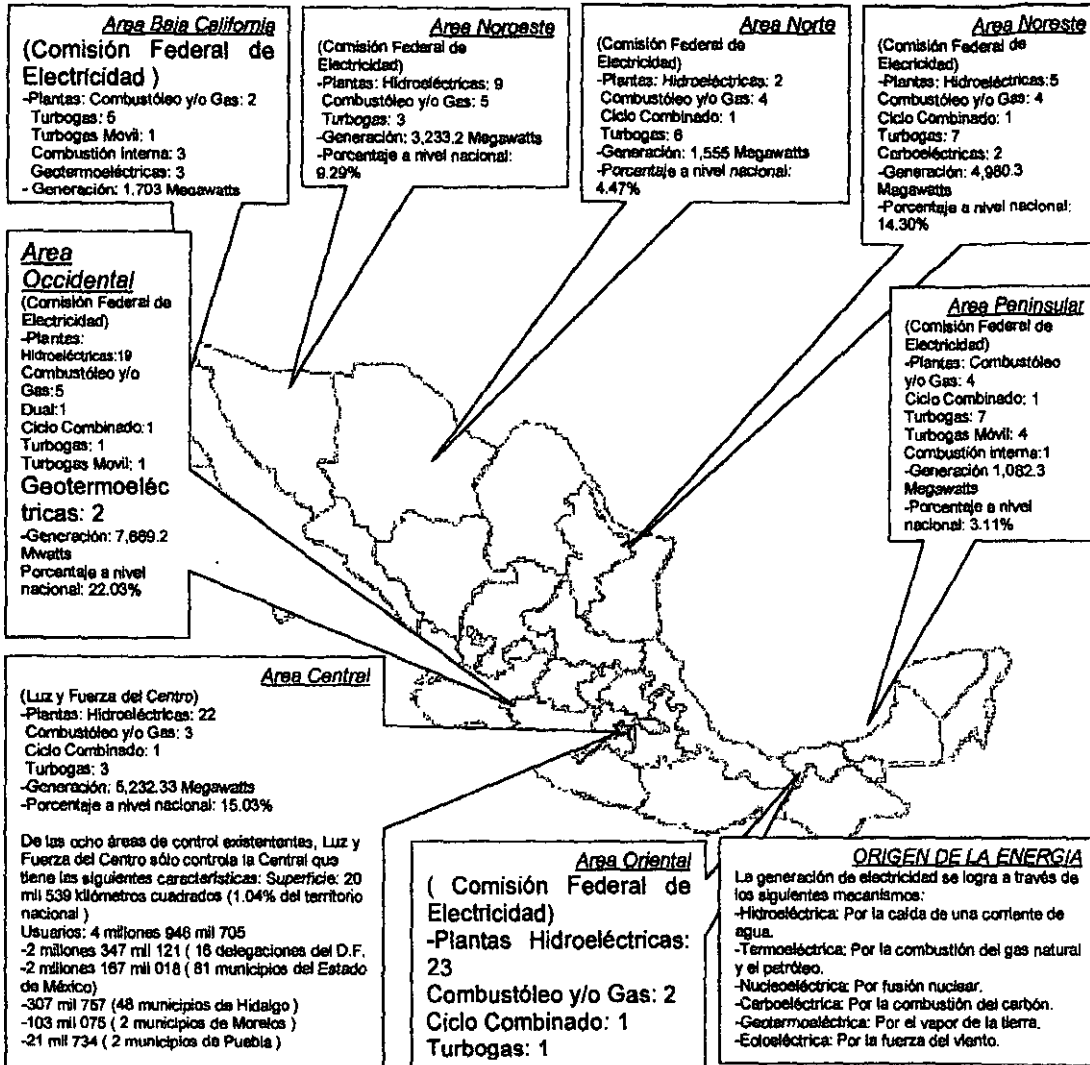
Geotermoeléctrica: el vapor originado por la tierra

Eoloeléctrica: la fuerza del viento

El Sistema Eléctrico Nacional cuenta con 167 plantas generadoras de electricidad con una capacidad efectiva de 34 mil Megawatts, distribuidas en las ocho áreas de control en que se ha dividido el país, para abastecer de energía al 95% de la población.

A continuación se describe el esquema del Sistema de Energización Nacional:

**Sistema de Energización Nacional**



**Sistemas Aislados**  
(Comisión Federal de Electricidad)  
La ubicación de estas unidades no es fija, su ubicación depende de las necesidades del servicio.  
-Plantas: Combustión Interna: 6  
Turbogas Móvil: 1  
Unidades de Emergencia: (Combustión Interna Móvil): 20  
-Generación: 47.2 Megawatts  
-Porcentaje a nivel nacional: 0.14%

## **Prólogo**

Esta tesis se compone de 7 secciones, agrupada por capítulos ilustrados, numerados en el Índice general.

La primer sección se encarga de los conceptos físicos que involucran desde la transmisión de la energía hasta la distribución de cargas y esfuerzos que involucran el diseño en las torres metálicas.

La segunda sección tiene como finalidad la descripción física y funcional de todos los materiales de instalación permanente que se utilizan en la construcción de una LACE.

En la tercera sección se describirá como explorar y medir topográficamente la LACE a construir. Tiene como fin describir el desarrollo de las etapas de la realización de un estudio de línea eléctrica, esta sección es dirigida a los ingenieros topógrafos, además de fijar las directrices y condiciones adecuadas para la ejecución de la apertura de brecha forestal en las LACE, esta sección es aplicable a las actividades de deforestación a lo largo de la brecha forestal que se realizará para la construcción de LACE, también se establecen las características de la construcción de los caminos de acceso hacia la mojonera donde posteriormente se erectará la torre.

La cuarta sección establecerá los lineamientos y cuidados adecuados que deberán tener los ingenieros al elaborar las cimentaciones, esta sección es básica para lograr una buena base de la erección de la torre, ligados a:

La realización de la excavación para la cimentación de soportes.

La realización de las cimentaciones de soportes de LACE.

La instalación y nivelación de los stubs y/o Bottom Panel.

La realización de los rellenos de cimentaciones para soportes de LACE.

La realización de los Sistemas de tierras, es la instalación de antenas a base de alambre o cable según se indique el proyecto, las cuales estarán conectadas a los stubs de las torres con los conectores apropiados.

La quinta sección establece y define las actividades como pueden ser el prearmado de estructuras metálicas, revisión de las estructuras montadas; las cuales están ligadas a la realización del preparado y montaje de las torres en los sitios indicados por los planos de diseño y listas de distribución respectivos para cada tipo de torre.

En la sexta sección se definen los documentos, los métodos y los recursos que se utilizarán para realizar el tendido de hilo de guarda y de cable conductor, además se describirán algunas de las características de los conductores que se pueden emplear, con esta actividad es finalizada la construcción de la LACE por lo tanto se deben hacer las inspecciones y pruebas finales aplicables tanto a la conductividad de los cables conductores, como a la verificación física de la LACE construida.

---

Las Líneas Aéreas de Corriente Eléctrica denominadas de ahora en adelante LACE en la actualidad no son muy bien aceptadas por la gente que resulta afectada ya sea por el paso físico de la LACE sobre sus propiedades o simplemente por el entorno industrializado que deja a su paso, ya que como se observa en nuestros viajes (principalmente por carretera) a distintas entidades estas no son muy estéticas, pero en fin los beneficios que nos aportan son extremadamente útiles en nuestro desarrollo cotidiano.

Las LACE tienen una gran razón de existencia, tienen como finalidad transportar la energía en forma confiable y económica, estas entrelazan e interconectan grandes redes de energía para transmitirla a subestaciones quienes a su vez se encargan de distribuirla con otras LACE, ya sea de mayor, igual o menor voltaje para satisfacer el consumo de energía eléctrica repartido a las ciudades más cosmopolitas hasta las más pequeñas entidades. Las LACE en nuestro país miden más de 500 kilómetros equivalentes a 13.7 vueltas al planeta tierra.

Se prevé que esta modalidad de suministro de energía eléctrica por medio de Redes de distribución y/o transmisión no sea muy duradera en nuestra era, ya que poco a poco son más comunes las celdas solares que captan energía y la almacenan para el consumo de cada inmueble y para el próximo siglo se prevé que las LACE serán obsoletas.

Parece que las LACE son muy fáciles en su construcción por la simplicidad que las constituye de torres armadas por fierros de las que cuelgan cables (parece fácil), pero los no especializados no saben de la importancia de los elementos que intervienen, de la exactitud de todas las tensiones y esfuerzos que se aplican en cada una de las torres, hasta con los elementos climáticos, ya que los cables, (conductor o cable de guarda) se expanden con las altas temperaturas y se contraen con las bajas temperaturas.

Es por esto y por muchas otras razones que a continuación se mencionarán que se intenta hacer entender los grandes esfuerzos técnicos, para realizar estas mega - obras, todos los recursos, las horas - hombre trabajadas, desde ayudantes generales hasta ingenieros que dejan meses a sus familias, sus sociedades, en pocas palabras entregan un pedazo de sus vidas para la realización de estas obras.

---



El principal objetivo de la séptima sección es encargarse de los cuidados para estandarizar, armonizar, sintetizar y clarificar al máximo las reglas de seguridad proyectadas a:

Proteger en primera instancia a las personas y a las instalaciones

Difundir en varios sitios de trabajo e inmediatamente a todo el personal

Hablar sobre el contexto y ordenar la seguridad inmediatamente en sitio, verificar que todo el personal involucrado haya captado a la perfección este contexto de seguridad, se tratara que estas actividades sean ilustradas en lo posible:

Las operaciones que serán ejecutadas.

Las medidas de seguridad a respetar a consecuencia de las operaciones efectuadas.

---

Capítulo 1

Conceptos básicos

1.1 Características de las LACE

Es necesario indicar que para cada caída de tensión producida por el paso de la corriente a lo largo de los conductores (pertenecientes) dentro de los límites tolerables, deberían tener aquellos secciones apropiadas, y de este modo podría realizarse el suministro de energía en perfectas condiciones de regularidad.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que al correr la corriente por los hilos de una conducción eléctrica, se produce un calentamiento debido a la transformación en calor de la energía perdida a causa de la resistencia ohmica de los conductores, siendo por ello necesario determinar la temperatura que alcanzaran y hacer que esta permanezca dentro de cierto límite para que no se produzcan calentamientos anormales, que pudieran destruir los aisladores de que van provistos o modificaran sus condiciones físicas.

También es necesario tomar en cuenta la resistencia mecánica de la red, calculando los diversos elementos que la integran para que en su instalación existan las debidas condiciones de seguridad para personas y materiales.

Por lo anterior se establece que una red de transmisión debe efectuarse en primer lugar el calculo eléctrico para determinar la perdida de tensión y la densidad de corriente en los conductores.

1.1.1. Corriente continua y distribución en dos conductores

Circuito en que  $E_1$  es el voltaje aplicado en el origen;  $I$ , la intensidad absorbida por el receptor;  $l$ , la longitud de un conductor (ida), y  $s$  su sección.

La resistencia eléctrica de un conductor se calcula con la formula:

$$r = \rho \times \frac{l}{s}$$

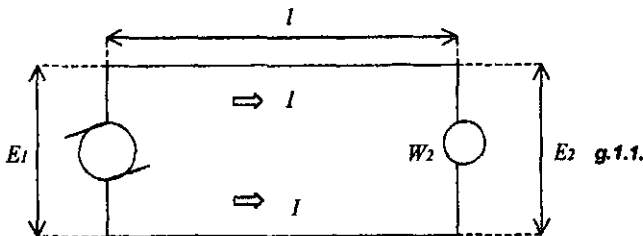
significando:

$r$  : resistencia en ohmios

$\rho$  : resistividad en micro ohmios - cm/cm.

$l$  : longitud en centímetros del conductor

$s$  : sección en centímetros cuadrados



Perdida de tensión en una LACE bifilar

Normalmente la longitud esta dada en metros y la sección en milímetros cuadrados, por lo tanto la resistividad tiene como valor (a 20° C) :

Para el Cu: ..... 0.01758

Para el Al: ..... 0.0287

La caída de tensión en el extremo de la LACE se obtendrá multiplicando la resistencia ohmica de los conductores, ida y vuelta, por la intensidad que circula por ellos, esto es:

$$e = E_1 - E_2 = 2\rho \frac{l}{s} I$$

La pérdida de energía en un conductor, debida a la resistencia ohmica, tiene por valor  $r \times I^2 = 2\rho \frac{l}{s} I^2$

Llamando  $p_e$  al tanto por ciento de pérdida de la potencia  $W_2$  absorbida por el receptor, tendremos:

$$p_e W_2 = 2\rho \frac{l}{s} I^2$$

Pero  $W_2 = E_2 I$ , por lo que  $I = W_2/E_2$  y sustituyendo este valor:

$$p_e W_2 = 2\rho \frac{l}{s} \frac{(W_2)^2}{E_2^2} = 2\rho \frac{l}{s} \frac{W_2^2}{E_2^2}$$
$$p_e = 2\rho \frac{l}{s} \frac{W_2^2}{E_2^2} \frac{1}{W_2} = 2\rho \frac{l}{s} \frac{W_2}{E_2^2}$$

En la misma forma, si  $p_r$  es la pérdida de tensión en tanto por ciento de la tensión  $E_2$  aplicada al receptor:

$$p_r E_2 = 2rI = 2\rho \frac{l}{s} I$$

Y sustituyendo  $I$  por su valor,  $W_2/E_2$  tendremos:

$$p_r = 2\rho \frac{l}{s} \frac{W_2}{E_2}$$
$$p_r = 2\rho \frac{l}{s} \frac{W_2}{E_2} \frac{1}{E_2} = 2\rho \frac{l}{s} \frac{W_2}{E_2^2}$$

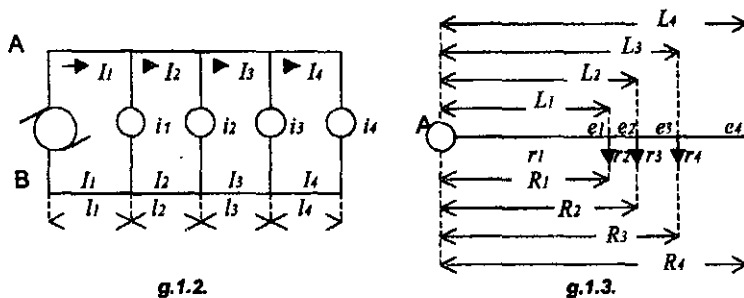
Las dos formulas anteriores son iguales y por lo tanto  $p_e$  y  $p_r$  de donde se deduce que en corriente continua, la pérdida de energía producida por la resistencia ohmica y la caída de tensión a que da lugar el paso de la corriente, son del mismo valor relativo.

---

1.1.2. LACE con cargas repetidas a lo largo de la misma:

Para determinar la pérdida de tensión cuando la carga no esta al extremo de la LACE, sino repartida a lo largo de la LACE, se procede de la siguiente forma:

Suponiendo un circuito con cuatro receptores derivados como indica la siguiente figura:



g.1.2.

g.1.3.

$r_1, r_2, r_3, r_4$  son las resistencias de los diversos segmentos del conductor

$l_1, l_2, l_3, l_4$  son las longitudes respectivas de cada segmento

$i_1, i_2, i_3, i_4$  son las intensidades consumidas por cada derivación.

$I_1, I_2, I_3, I_4$  son las intensidades recorridas en cada segmento

$R_1, R_2, R_3, R_4$  las resistencias de un solo conductor (ida) contadas desde el origen

$L_1, L_2, L_3, L_4$  las longitudes de un solo conductor (ida) contadas desde el origen

$e_1, e_2, e_3, e_4$  las pérdidas de tensión al final de cada segmento

$E_1, E_2, E_3, E_4$  las pérdidas de tensión desde el origen al final de cada segmento

Aplicando la ley de ohm  $e = E_1 - E_2 = 2 \rho \frac{1}{s} I$  es posible establecer las siguientes dadas:

$$e_1 = 2r_1 (i_1 + i_2 + i_3 + i_4) = 2r_1 I_1$$

$$e_2 = 2r_2 (i_2 + i_3 + i_4) = 2r_2 I_2$$

$$e_3 = 2r_3 (i_3 + i_4) = 2r_3 I_3$$

$$e_4 = 2r_4 I_4$$

Por lo tanto las pérdidas de tensión desde el origen de la LACE al final de cada segmento, valdrán:

$$E_1 = e_1, \quad E_2 = e_1 + e_2, \quad E_3 = e_1 + e_2 + e_3, \quad E_4 = e_1 + e_2 + e_3 + e_4$$

y también:

$$E_4 = 2 (i_1 R_1 + i_2 R_2 + i_3 R_3 + i_4 R_4)$$

Esta formula tiene una expresión similar a la de los momentos de un sistema de fuerzas paralelas estudiadas en mecánica, siendo en este caso las resistencias  $R_1, R_2, R_3$  y  $R_4$ , los brazos de palanca con respecto al punto de alimentación A de las diversas intensidades  $i_1, i_2, i_3, i_4$ , que están aplicadas en los puntos de derivación. Por consiguiente la resultante (suma de las intensidades) estará aplicada en un punto (centro virtual de consumo), cuya longitud desde A (distancia virtual) :

$$\lambda = \frac{i_1 R_1 + i_2 R_2 + i_3 R_3 + i_4 R_4}{i_1 + i_2 + i_3 + i_4} = \frac{\sum R}{\Sigma}$$

La caída máxima de tensión  $E_4$  se calculara, tomando como única carga la suma de intensidades  $i_1 + i_2 + i_3 + i_4$  supuesta concentrada en un punto situado a la distancia  $\lambda$  del origen de la LACE. Las secciones de los diversos segmentos se obtendrán aplicando las fórmulas:

$$s_1 = 2\rho \frac{i_1}{e_1} l_1 ; s_2 = 2\rho \frac{i_2}{e_2} l_2$$

pero en la práctica, para que el problema sea determinado, los valores  $e_1, e_2, e_3$  y  $e_4$  se calculan considerando que la sección del conductor permanece constante entre dos vértices consecutivos, es decir, que  $s_1 = s_2 = s_3 = s_4$  en estas condiciones se empieza por fijar el valor de  $E_4$  que debe permanecer dentro del límite tolerado para el funcionamiento regular de los receptores y verificándose que las pérdidas de tensión e sean proporcionales a las longitudinales  $L$  y a las intensidades  $i$ , tendremos:

$$E_4 = 2 \frac{\rho}{s} (i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3 + i_4 l_4)$$

Siendo así la sección del conductor:

$$s = 2 \frac{\rho}{E_4} (i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3 + i_4 l_4)$$

El centro virtual de consumo se encuentra a una distancia del origen:

$$\lambda = \frac{i_1 l_1 + i_2 l_2 + i_3 l_3 + i_4 l_4}{i_1 + i_2 + i_3 + i_4}$$

por lo tanto:

$$s = 2 \times \frac{\rho \lambda}{E_4} (i_1 + i_2 + i_3 + i_4)$$

La pérdida de tensión en los distintos segmentos se determina aplicando a cada uno la fórmula correspondiente:

$$e_1 = 2\rho \frac{i_1}{s} l_1 \qquad e_2 = 2\rho \frac{i_2}{s} l_2$$

$$e_3 = 2\rho \frac{i_3}{s} l_3$$

Para calcular las caídas de tensión  $e_1, e_2, e_3$  y  $e_4$  pueden emplearse otros procedimientos. Si se hacen secciones de segmentos sucesivos que sean proporcionales a las raíces cuadradas de las respectivas intensidades, y esto independientemente de la longitud de los segmentos, consigue a igualdad de pérdida de voltaje, obteniendo la conducción de un peso mínimo, estando por consiguiente, formada la línea de varios segmentos con distintas secciones cada uno.

Otro medio para obtener los valores de  $e_1, e_2, e_3$  y  $e_4$  consiste en hacer que el diámetro del conductor vaya decreciendo a medida que la intensidad va también disminuyendo, de modo que si la carga estuviese uniformemente repartida, la intensidad decrecería desde el origen al final de la LACE, entonces el conductor no tendría una superficie cilíndrica, sino cónica, por lo que este método de calculo se conoce por el de los conductores cónicos.

### 1.1.3 Corriente continua y distribución con tres conductores

Suponiendo que en el extremo de una LACE de tres conductores, cuyos polos activos tienen una sección de  $s \text{ mm}^2$  y el neutro de  $0.5 s$ , estén conectados a cada puente un grupo de receptores  $M, N$ .

Admitiendo que el reparto de las cargas se haya efectuado exactamente, las potencias de  $M$  y  $N$  serán iguales y por el conductor neutro no circulara corriente. En estas condiciones, siendo  $E_2$  el voltaje de los receptores, e  $I$  la intensidad absorbida por los mismos, la caída de tensión tendrá valor de:

$$e = E_0 - E'_0 = e_1 + e_2 = 2 \cdot \rho \frac{1}{s} I$$

correspondiendo a cada puente una pérdida de voltaje:

$$\frac{e}{2} = e_1 = e_2 = \rho \frac{1}{s} I$$

Pero en la practica no es posible conseguir un reparto igual de carga en ambos puentes, debido a lo cual por el neutro circulara una corriente que será la diferencia de las intensidades necesarias a cada grupo de receptores  $M$  y  $N$ .

Llamando  $i$  a la corriente de desequilibrio, el conductor activo correspondiente al puente menos cargado será recorrido por una intensidad que es la diferencia entre  $I$  e  $i$ , por lo tanto la caída de tensión en el grupo  $M$  tendrá por valor la suma de las pérdidas de voltaje en el conductor positivo, y de la que se origine en el conductor neutro como consecuencia del paso de la corriente  $i$ , es decir:

$$E_1 - E_2 = e_1 = \rho \frac{1}{s} I + \rho \frac{1}{0.5 \times s} i = \rho \frac{1}{s} (I + 2i)$$

Cuando exista equilibrio en los puentes, la pérdida de tensión  $e_1$  valia solamente

$$\rho \frac{1}{s} I$$

habiendo aumentado en el caso actual en:

$$\rho \frac{1}{s} (I + 2i) - \rho \frac{1}{s} I = \rho \frac{1}{s} 2i$$

En el grupo de receptores  $N$ , la pérdida de tensión es menor que cuando hay igualdad en las cargas, y tiene por valor

$$E'_1 - E'_2 = e_2 = \rho \frac{1}{s} (I - i) - \rho \frac{1}{0.5 \times s} i = \rho \frac{1}{s} (I - 3i)$$

El voltaje  $E'_2$  se obtiene restando la tensión en el origen  $E'_1$ , la caída de tensión producida en el conductor negativo por el paso de la corriente  $I - i$ , sumando la diferencia de potencial que existe entre  $O'$  y  $O$ , cuyo valor es  $\rho \frac{1}{0.5 s} i$ .

En las LACE de corriente alterna interviene la pérdida de tensión, además de la resistencia ohmica de los conductores, la inductancia y la capacidad de los mismos, si bien esta última, por razón de la poca extensión de las LACE, ejercen muy poca influencia.

#### 1.1.4. Inductancia

Esta por el contrario, modifica sensiblemente la caída del voltaje. En corriente alterna, se produce también el fenómeno "efecto Kelvin" en virtud del cual la resistencia de un conductor recorrido por esta corriente presenta mayor valor que cuando por el circula corriente continua. El hecho es debido a los efectos de inducción producidos en la masa del conductor, que dan origen a una resistencia aparente y que depende de las características del conductor y de las características de la corriente que por el circula.

El valor de la resistencia de un conductor recorrido por corriente alterna y cuando se trata de metales no magnéticos, puede calcularse por la fórmula:

$$R_A = R (1 + 7.5 \cdot f^2 \cdot d^2 \cdot 10^{-7}) \text{ ohmios}$$

En la que  $R$  es la resistencia del conductor (ohmios) cuando es atravesado por una corriente continua,  $f$  la frecuencia de la corriente en periodos por segundo, y  $d$  el diámetro del conductor en centímetros.

En la práctica, la frecuencia es de 50 periodos por segundo, y como en las redes de distribución no se emplean secciones de diámetros superiores a 2 cm. según la fórmula anterior el aumento de resistencia para la dimensión indicada será:

$$R_A = R (1 + 7.5 \cdot 50^2 \cdot 2^2 \cdot 10^{-7}) = R (1 + 0.03) = 1.03 R$$

Es decir, que aun en este caso la resistencia del conductor con corriente alterna solo sería un 3% mas elevada que en corriente continua.

El valor hallado es todavía prácticamente menor, porque los conductores con diámetros mayores a 4 mm. suelen tenderse y los conductores que componen la sección tienen diámetros reducidos, cuya superficie exterior sufre los efectos de la oxidación y ello da lugar a un ligero aislamiento entre los conductores, que aparecen por esta causa como acoplados en paralelo.

#### 1.1.5. Corriente monofásica:

En la corriente alterna monofásica para cargas sin inducción y no teniendo en cuenta la reactancia de la LACE, la caída de tensión correspondiente puede obtenerse aplicando la fórmula:

$$e = rI = 2 \frac{\rho \cdot l}{s} I, \quad s = 2 = \frac{\rho \cdot l}{s} I$$

El valor de  $I$  en este caso es la intensidad eficaz, por tratarse de la corriente alterna.

---

Con carga inductiva y despreciando también el efecto de la reactancia de la LACE, el valor de la caída de tensión puede obtenerse por la composición de vectores.

La reactancia  $r$  es en corriente continua  $2\rho \frac{l}{s}$

El vector  $E$  tiene por valor:

$$e = rI = r \frac{W_1}{E_1 \cos \varphi_1}$$

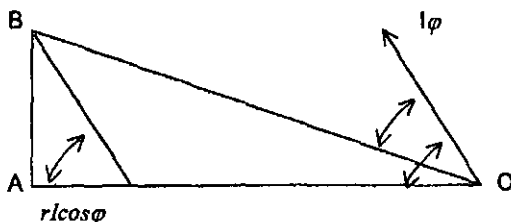
Siendo  $W_1$  la potencia transmitida, y  $\varphi_1$  (menor que  $\varphi$ ) el ángulo de retraso entre  $E_1$  e  $I$ . Componiendo dicho vector  $e$  con el de la tensión  $E_2$ , obtenemos el vector  $E_1$ , o tensión en el origen de la LACE.

Puede también calcularse el valor de  $E_1$  teniendo en cuenta que el triángulo rectángulo  $OAB$  se verifica que  $OB = \sqrt{OA^2 + AB^2}$  es decir

$$E_1 = \sqrt{(E_2 + rI \cos \varphi)^2 + (rI \sin \varphi)^2}$$

La diferencia entre las tensiones  $E_1$  y  $E_2$  es el valor de la pérdida de tensión buscada pero puede considerarse, sin que por ello se cometa error sensible, que  $E_1$  coincide con su proyección  $OA$ ; por consiguiente:

$$E_1 = E_2 + rI \cos \varphi \quad \text{o} \quad E_1 - E_2 = rI \cos \varphi$$



g.1.4.

En la fórmula  $e = r \times I$ , la intensidad considerada es la que se obtiene dividiendo la potencia transmitida  $W_1$  por el voltaje en el origen  $E_1$ , es decir:  $W_1/E_1$ . En la otra fórmula empleada para cargas inductivas,  $e = rI \cos \varphi$ , el valor de  $I$  es el cociente que resulta de dividir la potencia transmitida  $W_1$  por el producto del voltaje  $E_1$  y el factor de potencia  $\cos \varphi$ ; esto es:

$$I = \frac{W_1}{E_1 \cos \varphi}$$



Los valores de intensidad de dichas fórmulas son distintos, para potencia transmitida y voltaje de alimentación iguales, pero las pérdidas de tensión para la misma resistencia del circuito tienen aproximadamente el mismo valor, por lo tanto:

$$I_1 = \frac{W_1}{E_1 \cos \varphi_1} \text{ se deduce que: } e = r I_1 \cos \varphi = r \frac{W_1}{E_1 \cos \varphi_1} \cos \varphi$$

Y como en la practica la diferencia entre  $\varphi$  y  $\varphi_1$  es muy pequeña, puede admitirse sin error sensible que  $\cos \varphi = \cos \varphi_1$  por lo cual la fórmula anterior  $e = r W_1 / E_1$  que es igual a la del caso en que la carga no es inductiva. Es necesario observar que las potencias de los receptores que figuran en las formulas están expresadas en vatios y no en voltios X amperios.

Esto quiere decir que a los efectos del cálculo de la sección de los conductores, para obtener una determinada pérdida de tensión y en el supuesto de que se trate de cargas inductivas, pero sin tener en cuenta la reactancia de la LACE, también puede emplearse la formula:  $e = r I$ , en la cual la intensidad que figura es la que se obtiene dividiendo la potencia por el voltaje de alineación y presidiendo del factor de potencia de la instalación.

#### 1.1.6. Corriente alterna trifásica:

Para obtener la caída de voltaje con respecto a la tensión compuesta o entre fases, bastara multiplicar los valores hallados en las siguientes fórmulas:

$$e = E_1 - E_2 = 2 \rho \frac{l}{s} I$$

$$E_1 = E_2 + r I \cos \varphi \quad \text{o} \quad E_1 - E_2 = r I \cos \varphi$$

$$e = E_1 - E_2 = AB X \cos \varphi + BC X \sin \varphi = r I \cos \varphi + \omega L l I \sin \varphi$$

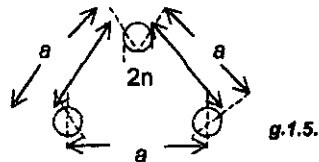
por  $\sqrt{3}$ , obteniendo en consecuencia para los respectivos casos:

$$e_m = r I \sqrt{3}, \quad e_{m1} = r I \cos \varphi \sqrt{3} \quad \text{y} \quad e_{12} = r I \cos \varphi + \omega L l \sin \varphi I \sqrt{3}$$

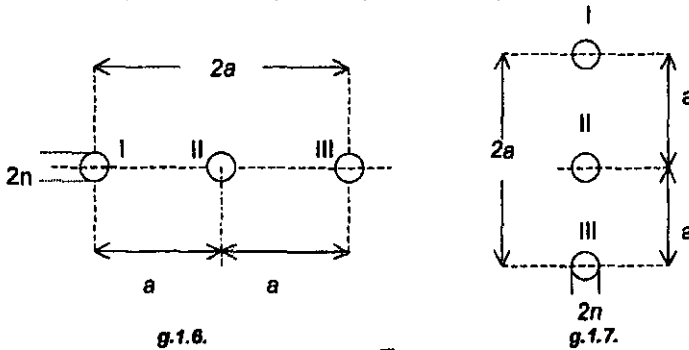
Es necesario tomar en cuenta, al calcular los valores de la caída de tensión por medio de las formulas mencionadas anteriormente donde  $r$  y  $L$  son la resistencia y la inductancia de un solo conductor o fase y para aplicar los diagramas anteriores, debe considerarse que las tensiones  $E_1$   $E_2$   $E_3$  corresponden a los conductores entre fase y tierra. El coeficiente de inducción de un conductor en corriente trifásica se obtiene por la fórmula (henrios por Kilómetro):

$$L = (4.605 \log \frac{a}{r} + 0.5) 10^{-9}$$

Cuando los conductores se hallan situados en los vértices de un triángulo equilátero representado por el siguiente esquema:



El coeficiente  $L$  tiene el mismo valor para todos ellos, porque la distancia  $a$  permanece constante, pero si la disposición de los hilos fuese la de las siguientes figuras, en las que la separación es distinta, los coeficientes  $L$  no serán iguales y valdrán respectivamente (henrios por kilómetro).



conductor II  $(4.605 \log \frac{a}{n} + 0.5) 10^{-3}$  conductor I y III  $(4.605 \log \frac{a\sqrt{2}}{n} + 0.5) 10^{-3}$

Esta desigualdad debida a la digimétrica situación de los conductores es causa de que las pérdidas de tensión en los mismos sean distintas, si bien es cierto que la diferencia entre ellas y en LACE de poca extensión, es pequeña y por eso no suele tomarse en cuenta.

Prácticamente se aplica, en el cálculo el mismo coeficiente de inducción  $L$  a los tres hilos, tomando como distancia entre ellos la medida geométrica de los respectivos a valores:

$$\sqrt[3]{a \cdot a \cdot 2a} = \sqrt[3]{2} = 1.26 a$$

Las características son las siguientes:

$r$  = resistencia, que se mide en ohmio por Km. ,  $l$  = inductancia, medida en henrios por km. ,  $c$  = capacidad, expresada en faradios por km. ,  $g$  = perditancia, que se mide en ohms por km.

El cálculo de la resistencia se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\rho \times 1000}{s} \text{ ohmio/km.}$$

en la que:

$\rho$  = resistividad del metal conductor en ohmio/cm<sup>2</sup>/cm.

$s$  = sección en mm<sup>2</sup>

Para obtener el valor de la resistencia, es necesario referirla a la temperatura de trabajo por la fórmula:

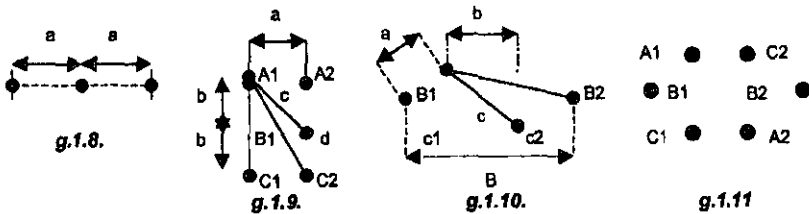
$$R_t = R_0 (1 + \alpha t);$$

Donde  $R_0$  es la resistencia a 0°C,  $t$  la temperatura en °C,  $\alpha$  el coeficiente de temperatura, que vale 0.0039 para el cobre y 0.004 para el Aluminio - acero. También se deben tomar en cuenta, en las LACE, que por emplearse conductores de secciones importantes la resistencia viene aumentada, por el paso a través de ellos de la corriente alterna.

El coeficiente de la *inductancia* de un conductor perteneciente a una línea trifásica y cuyos conductores están dispuestos en los vértices de un triángulo equilátero, este tiene por valor:

$$l = (4.605 \times \log a + 0.5) \cdot 10 \text{ henrios/km.}$$

En la practica se utilizan las disposiciones señaladas en los cuatro dibujos siguientes: Disposiciones de los conductores en la cabeza del poste para det.  $l$  y  $c$



A consecuencia de estos cuatro dibujos se originan valores correspondientes a cada uno de los coeficientes de inducción, por lo tanto la fórmula es:

$$l = (4.605 \times \log x + 0.5) \cdot 10 \text{ henrios/km.}$$

- 1° Conductores  $A$  y  $C$ :  $x = \frac{a\sqrt{2}}{n}$ ; conductor  $B$ :  $x = \frac{a}{n}$
- 2° Conductores  $A_1, A_2, C_1$  y  $C_2$ :  $x = \frac{b}{n \cdot d} \sqrt{2} \cdot c \cdot d$ ; conductores  $B_1$  y  $B_2$ :  $x = \frac{b \cdot c}{n \cdot a}$
- 3° Para  $A_1, A_2, C_1$  y  $C_2$ :  $x = \frac{a}{n \cdot b} \sqrt{2} \cdot d$ ; para  $B_1$  y  $B_2$ :  $x = \frac{a}{n \cdot e}$

$$4^{\circ} \quad \text{Para } A_1, A_2, C_1 \text{ y } C_2: x = \frac{a}{n \cdot c} \sqrt{b \cdot d}; \text{ para } B_1 \text{ y } B_2: x = \frac{a \cdot d}{n \cdot e}$$

Las letras de las formulas indican las distancias entre los respectivos conductores, y  $n$  es el radio del conductor.

La formula para medir la *capacidad* para los cuatro casos de los dibujos anteriores, es la siguiente:

$$c = \frac{0.024}{z_1 + \log \frac{D}{n}} \text{ faradios Km.}$$

Siendo:

$D$ : separación entre conductores en *cm*.

$n$ : radio del conductor en *cm*.

Los valores de  $z_1$  son para cada uno de los esquemas de las figuras anteriores:

1° Conductores  $A$  y  $C$ :  $z_1 = +0.15$ ; conductor  $B$ :  $z_1 = +0$

2° Conductores  $A_1$  y  $A_2$   $C_1$  y  $C_2$ :  $z_1 = +0.4$ ; conductores  $B_1$  y  $B_2$ :  $z_1 = +0.15$

3° Conductores  $A_1$  y  $A_2$   $C_1$  y  $C_2$ :  $z_1 = +0.22$ ; para  $B_1$  y  $B_2$ :  $z_1 = -0.15$

4° Conductores  $A_1$  y  $A_2$   $C_1$  y  $C_2$ :  $z_1 = +0.01$ ; para  $B_1$  y  $B_2$ :  $z_1 = -0.15$

Cuando los conductores están dispuestos en los vértices de un triángulo,  $z_1=0$

La *perditancia* es representada por la letra  $g$  y es la inversa de la conductibilidad. El aislamiento que depende también del estado de humedad de la atmósfera, puede considerarse despreciable. Los aisladores no dejan pasar a través de ellos, por conductibilidad, mas que una pequeña corriente y tan solo pueden considerarse perdidas de alguna consideración, como las producidas por efluvios (efecto corona). Si  $R_a$  es la resistencia de aislamiento, tendremos que  $R_a = V/I$ , por lo tanto  $g$  es la inversa, es decir  $I/V$  y por lo tanto la corriente que pasa a través de los aisladores tendrá el valor de:  $g \cdot V = (I/V) \quad V=I$ .

Por lo anterior  $I$  a perditancia, que esta en fase con la tensión, no suele tenerse en cuenta en el cálculo eléctrico de las LACE.

La *impedancia* tiene por valor  $\sqrt{r^2 + \omega l^2}$  es decir, es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, el de la resistencia  $r$  y el de la reactancia  $\omega l$ . Los vectores de ambos valores están retrasados si  $90^\circ$  y por ello su valor representado en cantidades complejas es:

$$z = r + j\omega l$$

El coeficiente de inducción, cuando se trata de un solo circuito trifásico, se considera en todos los casos como si los conductores estuvieran colocados vértices de un triángulo equilátero, cuyo lado fuese:

$$D = \sqrt[3]{A \cdot B \cdot C}$$

Siendo  $A, B$  y  $C$  las distancias entre conductores, el error que con ello se comete no es importante.

El valor de la *admittancia* es expresado por la fórmula siguiente:

$$\sqrt{g^2 + \omega^2 c^2} \text{ ohms}$$

#### 1.1.7. Transposición de conductores

Se debe hacer constar que conforme a expresado y por la situación de los conductores en los apoyos, tanto el coeficiente de inducción como el de capacidad no son iguales para todos los conductores; por consiguiente no puede existir simetría eléctrica en los mismos y para conseguir esta de un modo aproximado es necesario recurrir a la transposición de cada una de las fases de la LACE con relación al conjunto de todos los elementos que puedan afectarles: terreno, árboles, construcciones, etc.

#### 1.1.8 Efecto corona

Ya que el aire no es un perfecto aislante, los hilos desnudos tendidos y sometidos a tensión elevada, dan lugar a pérdidas de energía, las cuales aumentan con la tensión y dependen así mismo de la distancia entre conductores y de su diámetro. Cuanto menores son estas últimas dimensiones, mayores son también las pérdidas por efluvios.

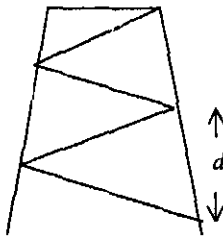
Es necesario distinguir entre la tensión crítica disruptiva y la tensión crítica visual. La primera produce pérdidas de energía, cuando la tensión llega al valor crítico, puesto que se rompe parcialmente el dieléctrico que es el aire. Hasta entonces no se alcanza el nivel crítico, las pérdidas a que da origen el fenómeno son poco importantes.

La tensión crítica visual que es menor que la disruptiva y que se produce con el aumento del voltaje en la LACE, es causa de que aparezca una luminosidad alrededor de los conductores.

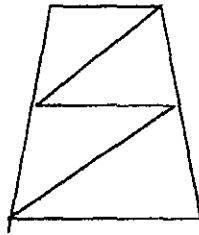
Algunos fenómenos atmosféricos modifican la tensión disruptiva. Así por ejemplo la niebla y el granizo rebajan el valor de dicha tensión y lo mismo ocurre con los humos procedentes de las fabricas; pero la reducción mayor ocurre cuando se producen nevadas.

1.2. Cálculo de los postes metálicos

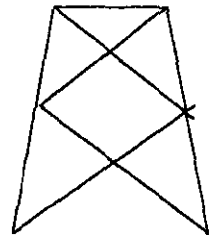
Estos postes son empleados normalmente en las LACE y están formados por perfiles laminados unidos entre sí por medio de tornillos. Los montantes se disponen generalmente en sección cuadrangular manteniéndose unidos por medio de diagonales en cruz dando de esta manera un sistema indeformable. Las siguientes figuras se refieren a tres modos distintos de cruzar los montantes correspondientes a una de las cuatro caras de la torre



g.1.12

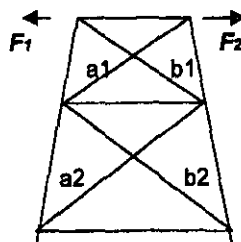


g.1.13



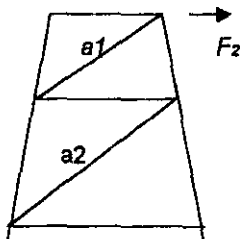
g.1.14

En la última figura existen mayor número de elementos que los necesarios para evitar la deformación, por lo que el sistema es indeterminado y el cálculo de los mismos se hace más complicado. Sin embargo se supone con mucha aproximación que este doble cruce soporta la mitad del cruce que le corresponde a cada cruce de los dos anteriores. Debiendo tener en cuenta por el sentido de la inclinación de los cruces. Si se trata de esfuerzos de extensión o compresión, para calcular con ellos las resistencias de los respectivos cruces. Los cruces de las figuras 1 y 2 que dan sistemas estáticamente determinados, son los más empleados y análogos desde el punto de vista del cálculo diferenciándose únicamente en el sentido de la inclinación de los cruces, según sea la dirección de los esfuerzos a extensión o compresión y en este último caso si la longitud libre del elemento es grande con respecto a su sección, puede llegar a producirse la flexión lateral. Esto se aprovecha en algunos tipos de torres empleados en grandes LACE, en que el lado de la sección (de la torre) importante y los cruces están constituidos por varillas de hierro o perfiles de corta sección, indicados en la siguiente figura:



g.1.15.

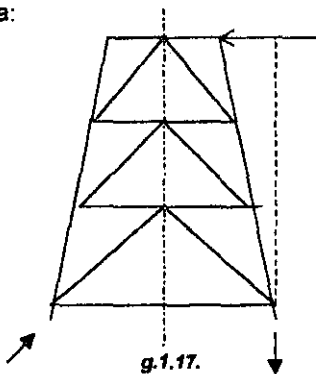
Si el esfuerzo tiene la dirección de  $F_1$  los cruces  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  trabajan a extensión y las  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$  a compresión, pero estas a causa de tener una sección reducida en relación con su longitud, se flexionaran, por lo cual solamente realizaran el esfuerzo necesario las  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$  y con ello el sistema quedará reducido a uno estáticamente determinado como esta mostrado en la siguiente figura:



g.1.16.

Si el esfuerzo tuviera la dirección  $F_2$ , los cruces  $b_1$  y  $b_2$  trabajarían a extensión y se formaría con ellas un sistema determinado.

También se emplea el sistema de cruces llamado cruces en K que es el indicado en la siguiente figura:



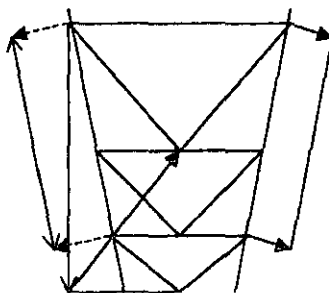
g.1.17.

En el cálculo de las torres metálicas debe tenerse en cuenta la parte económica de su construcción, y por ello es preciso al igual que se indicó para los postes de madera, tantear la longitud entre cruce y cruce y la altura conveniente del poste.

El cálculo de esta clase de torres es un problema indeterminado y debe resolverse con tanteos. En efecto uno de los esfuerzos, el de los conductores, es conocido, pero debido a la presión del viento depende de la superficie expuesta a dicha acción, que es función a su vez de las secciones de los perfiles adoptados que precisamente se trata de determinar.

Los cruces pueden tener diversas inclinaciones; cuanto mayor sea esta, menor número de cruces entrarán en la torre, pero también será mayor su longitud y para evitar la flexión lateral, habrá que darles más sección con lo cual aumentará el peso del hierro necesario.

En la misma forma si se disminuye el número de cruces la distancia  $d$  de la siguiente figura será mayor por lo que también habrá necesidad de emplear mayores secciones en los montantes. Lo mismo ocurre con el lado de la sección del poste; cuanto mayor sea esta y más inclinados estén los montantes, menor será la sección de sus perfiles; pero los cruces aumentaran de longitud y por lo tanto el peso del fierro empleado en la torre.

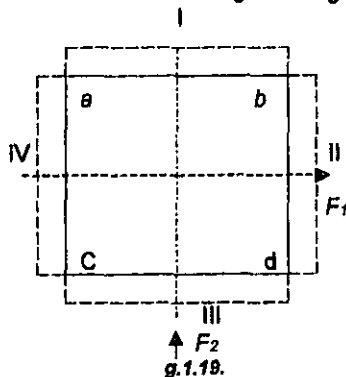


g.1.18

Lo que anteriormente se indicó manifiesta la conveniencia de tantear diversas soluciones para encontrar la que permita mayor economía en la construcción.

Se debe hacer notar que en las LACE no es posible emplear postes cuyas secciones tengan lados de grandes dimensiones, sobre todo aquellos destinados a ser colocados en la vía pública, y por ello, después de efectuar dos o tres tanteos es seguro que se hallará la solución conveniente.

La forma en que trabajan las torres de celosía es la siguiente: Supongamos que conforme se indica en la siguiente figura:



que el esfuerzo de los hilos sea  $F_1$  y el del viento  $F_2$  que es perpendicular a la figura anterior.

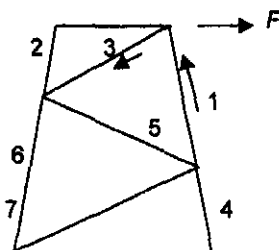
El primero debe ser soportado por las dos caras del poste I y III por lo que cada una de ellas deberá resistir el esfuerzo  $F_1/2$ . Lo mismo ocurrirá con la acción de  $F_2$  que se repartirá entre las cargas II y IV.



En la sección considerada, los angulares a, b, c y d trabajarán por virtud de los esfuerzos  $F_1$  y  $F_2$  y lo harán en peores condiciones los perfiles que sufran por ambas acciones esfuerzos de compresión.

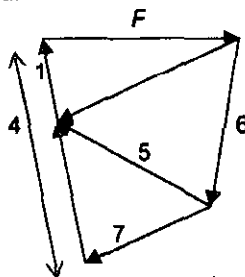
El procedimiento seguido para el cálculo de las torres es conocido como: Gráfico de Cremona o método de las figuras recíprocas que da resultados con la exactitud necesaria si se procede el dibujo con suficiente cuidado.

En este método se dibuja a una escala determinada la torre en cuestión, numerando las diversas piezas que la forman:



g.1.18.

se construye la figura recíproca:



g.1.20.

Representando en ella la fuerza  $F$  por una dimensión elegida convenientemente, y los valores de los esfuerzos a que se hallan sometidos los diversos que aparecen determinados en los dibujos anteriores, del cual pueden deducirse sus respectivas magnitudes con arreglo a la escala elegida para la fuerza  $F$ .

Ejemplo:

Si en esta figura cada milímetro representa 10 kg. y la longitud de 1 es de 56 mm. el valor de ese esfuerzo será  $56 \times 10 = 560$  kg.

Por la dirección de las respectivas fuerzas y conforme al método seguido los elementos del montaje, 1 y 4 trabajarán a compresión y el 6 a extensión, viéndose también que los cruces 3 y 7 trabajarán a extensión. Las tres fuerzas  $F$ , 3 y 1 de la figura completa, que concurren en el vértice, forman un triángulo en la figura recíproca y para que exista equilibrio es preciso que  $F$ , 3 y 1 actúen en el sentido de las flechas como indicado en la figura anterior.

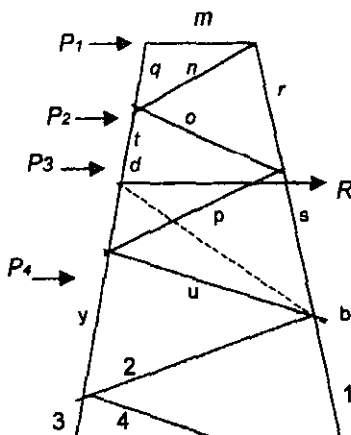
Señalando en la figura completa el sentido correspondiente a cada una de estas fuerzas, se observa que la 1 se dirige hacia el vértice, luego es de compresión y

la 3 se aleja de aquel y actúa en el elemento con esfuerzo de extensión, de esta manera se prosigue con los demás elementos del diagrama y comprobáramos la clase de esfuerzos a que se hallan sometidos.

Se supone, en lo expuesto, que el sistema formado por los elementos de la torre es perfectamente articulado, idea no tan cierta, ya que los montantes son en gran parte de una pieza, y los cruces están fuertemente atornillados. Ello da origen a esfuerzos secundarios que producen, además de una ligera deformación en los cruces, que no se tienen en cuenta en el cálculo de la torre y se compensan con el valor adoptado para el coeficiente de trabajo del material.

Por conveniencia de la construcción, los cruces contiguos no se sujetan en el mismo tornillo sino separadamente. Un cruce trabaja a compresión y otra a extensión, por lo cual se obtiene una resultante  $F$ , distante  $h$  de la línea que pasa por el centro de gravedad del montante. Este efecto secundario produce un momento flector  $F \times h$ , que soporta el ángulo de montante y que puede aumentar o disminuir los efectos secundarios debidos a la rigidez de las uniones.

Cuando existen varias fuerzas en la parte superior de la torre es común hallar su resultante:



g.1.21.

valiéndose del polígono funicular o por medio del cálculo. En esta figura  $R$  es la resultante de las fuerzas  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  y  $P_4$  y no pasa por ningún vértice de la torre.

Para mas facilidad se considera que existe en este caso que existe un cruce ficticio, señalado en la figura anterior  $db$  con la cual se comienza a construir la figura reciproca correspondiente, y ello permite determinar los valores de los elementos situados en el dibujo en la parte inferior de dicho cruce.

Procediendo de esta forma quedaran sin determinar los elementos  $m$ ,  $n$ ,  $o$ ,  $p$ ,  $q$ ,  $r$ ,  $s$ ,  $t$  y  $u$ , pero pueden hallarse sus valores respectivos, considerando la estructura formada por dichos elementos y construyendo con ellos tres diagramas.

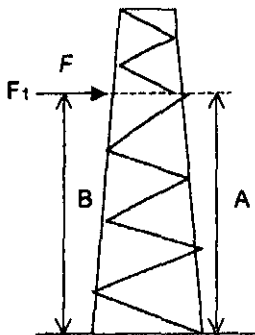
El primero en el supuesto de que actúa solamente la fuerza  $P_1$ , el segundo con la fuerza  $P_2$  y el tercero con la fuerza  $P_3$ . En la construcción de estos diagramas se empleara si fuera preciso el cruce ficticio.

En cada diagrama se obtendrán los esfuerzos de los elementos  $m$ ,  $n$ ,... y  $u$  y la suma de los tres valores correspondientes a los tres diagramas dará el total que servirá para determinar las secciones de los perfiles de los elementos referidos. En general no es necesario hallar por el procedimiento indicado las secciones de estos, porque las secciones que corresponden a los elementos situados en la cabeza de la torre donde se hallan concentrados los esfuerzos de los conductores, son las mas reducidas y es costumbre darles la misma dimensión que a las inmediatas para evitar el empleo de muchos tipos de perfiles.

En el caso de los cruces en  $k$ , el método de Cremona seguido para determinar los esfuerzos es el indicado en las figuras anteriores donde se indica el método de Cremona, aquí se considera que el esfuerzo actúa en el vértice  $O$  y que no existen los elementos 1, 2, 3 y 6. El diagrama  $b$  da a la escala correspondiente, el valor de los esfuerzos a que se hallan sometidos los diversos elementos, destacándose en el diagrama que son los esfuerzos de extensión o de compresión.

Es necesario consignar que en algunas ocasiones y para facilitar la construcción de los diagramas, se refieren los esfuerzos aplicados en el centro de un tramo o en nudo o vértice más conveniente y por este medio se puede prescindir del cruce ficticio.

Por ejemplo en la siguiente figura tenemos que el esfuerzo  $F$  viene aplicado entre dos nudos y conviene referirlo al nudo siguiente.



El valor de  $F_1$  a considerar será:  $F_1 = F \times \frac{A}{B}$ .

*g.1.22.*

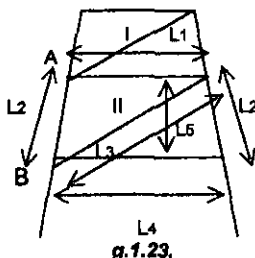
Como la prolongación del cruce I para determinar el momento de este esfuerzo se halla en el mismo lado que el sentido de la fuerza  $F$  el esfuerzo resultante es de extensión, y el del cruce II cuya prolongación para el mismo objeto esta en sentido contrario a  $F$ , será esfuerzo de compresión (momentos de signos contrario)

Los esfuerzos de los conductores, tanto los relativos a las tensiones que sufren, como los debidos a la acción del viento, son perfectamente determinados y su punto de aplicación se supone en la garganta de los aisladores respectivos, pero no ocurre lo mismo con los producidos por la acción del viento sobre el poste, por lo cual es preciso elegir a priori la sección de los perfiles para efectuar un primer

tanteo, y de este modo será posible calcular el valor de los esfuerzos del viento en cada uno de los elementos (montantes y cruces) cuyas resultantes se aplican a los vértices de la torre.

Se supone también que las superficies de las dos caras expuestas a la acción del viento reciben este con una presión de  $100 \text{ kg./m}^2$

Para el cálculo de estos esfuerzos se procede en la forma indicada en la figura siguiente:



g. 1.23.

Se subdivide la torre en varios tramos verticales (dos, tres o cuatro, según sea la altura) y se determina su coeficiente de opacidad  $\eta$  respectivo, como se sabe dicho coeficiente es la relación entre la superficie real de una cara del tramo y el área definida por su silueta.

Ejemplo, tramo dos ( $L_2$ ) de la figura anterior:

Área definida por la silueta (trapecio):

$$S_t = \frac{l_1 + l_4}{2} \cdot l_5$$

Superficie real de una cara:

Si  $a_2$ ,  $a_3$  y  $a_4$  son los anchos de los perfiles de longitud  $l_2$ ,  $l_3$  y  $l_4$  la superficie real de la cara será:

$$S = 2 l_2 a_2 + l_3 a_3 + l_4 a_4$$

No se tiene en cuenta el cruce  $l_1$  por considerarse que a efectos del cálculo de la acción del viento, pertenece al tramo I.

El coeficiente de opacidad de la cara en cuestión es entonces

$$\eta = \frac{S_r}{S_t} = \frac{2 l_2 a_2 + l_3 a_3 + l_4 a_4}{(l_1 + l_4) l_5}$$

Las presiones del viento son:

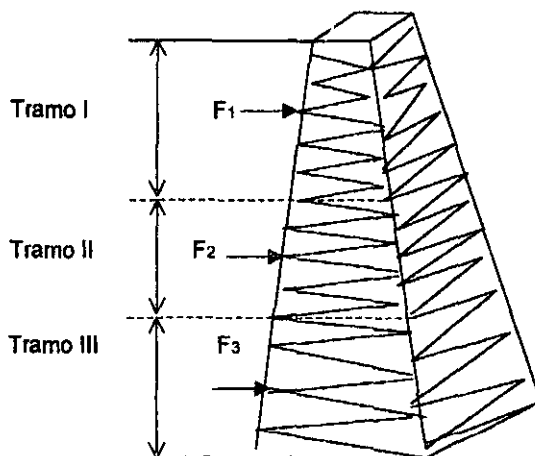
Cara del barlovento:  $160 (1 - \eta) \text{ kg./m}^2$

Cara de sotavento:  $80 (1 - \eta) \text{ kg./m}^2$



Para las partes de las torres cuya altura sea superior a 30m. se aumentara la presión del viento sobre el poste en 25%, es decir, con 100 kg./m<sup>2</sup> deberá tomarse para él calculo 125 kg./m<sup>2</sup>

Ya determinada  $S_n$  y multiplicada esta superficie en metros cuadrados por 100 kg. , si no se trata de zonas en donde se prevean vientos excepcionalmente violentos, se obtendrá las diversas fuerzas a que se refiere la siguiente figura:

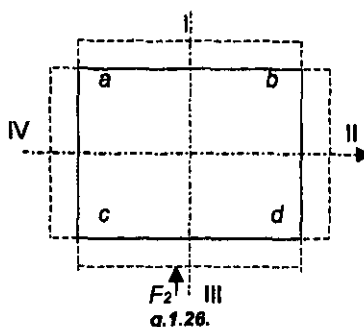


**g.1.25.**

Esto es  $F_1, F_2, F_3$  estas fuerzas se suponen aplicadas en el centro del tramo considerado, y si se sigue el procedimiento de Cremona para determinar los esfuerzos de los elementos habrá que referir el citado esfuerzo al nudo más próximo.

Como se observa, mientras mayor sea el numero de partes en que se divida la altura de la torre para obtener así un mayor numero de fuerzas  $F_1, F_2, F_3$ , mayor será también la aproximación en el calculo de los elementos por acción del viento; pero no es preciso aumentar el numero sobre la cifra dada de tres o cuatro, porque los resultados obtenidos son suficientes para determinar las secciones de los diversos elementos.

El calculo de la resistencia de la torre se efectuara considerando separadamente las caras paralelas a la LACE que soportan el esfuerzo de los conductores y las perpendiculares a ella que son las que reciben la acción del viento. Por medio del procedimiento gráfico se determinan las fuerzas que actúan sobre los diversos elementos con cada una de las dos acciones; tensión de la LACE, y presión del viento sobre las torres y conductores. Cuando estos dos esfuerzos actúan conjuntamente, los montantes están expuestos a una fuerza cuyo resultado es la suma de los que originan. Según se ve en la siguiente figura:



La acción del viento  $F_2$  es soportada por las dos caras II y IV, paralelas a su dirección, mientras que la tensión de los conductores solo afecta las caras I y IV de la dirección en la tensión de la LACE. De ello se desprende que sin viento los montantes  $b$  y  $d$  trabajarán a compresión para la dirección señalada a la fuerza  $F_1$  pero cuando también exista  $F_2$ , los montantes  $a$  y  $b$  trabajarán igualmente a compresión. Y por consiguiente el montante  $b$  estará sometido a esta clase de trabajo por causa de los dos esfuerzos indicados y con un valor que es la suma de ambos.

Cuando el viento tenga dirección contraria a  $F_2$ , el montante  $d$  trabajará a compresión, con un esfuerzo suma de los dos valores indicados. Se entiende por lo indicado, que todos los elementos deben ser calculados para las condiciones más desfavorables del trabajo, que son cuando están sometidos a esfuerzos de compresión.

Conocidos los esfuerzos de extensión de cada elemento, se determinarán los coeficientes de trabajo respectivos dividiendo estos esfuerzos por las secciones correspondientes de los perfiles, y obtendremos así los valores de dichos coeficientes que deben estar dentro de los límites tolerados por el trabajo del material. El esfuerzo de extensión se ejerce sobre la sección neta del elemento, es decir sobre la que resulta de restar, de la sección recta total, la de los barrenos hechos para la instalación de los tornillos. Para el trabajo a compresión de los elementos se debe tener en cuenta la sección más peligrosa de los mismos, y además la posibilidad de que se produzca la flexión lateral (pandeo) a causa de los esfuerzos que actúan sobre aquellos.

En cualquiera de los métodos que se siguen para determinar el coeficiente de trabajo a la compresión de un elemento, es necesario emplear en las fórmulas correspondientes el momento de inercia o el radio de giro, siendo este:

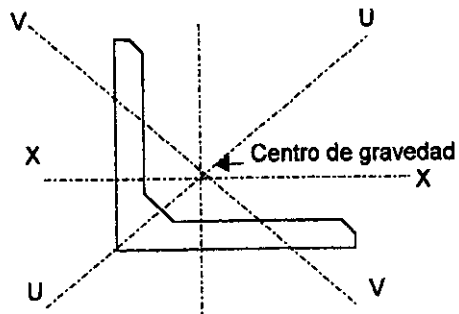
$$r = \frac{\sqrt{I}}{S}$$

Siendo entonces el valor de  $I$  es el del momento de inercia en  $\text{cm}^4$

Si se observa en la siguiente figura existe un momento de inercia con respecto a cada uno de los ejes  $XX$ ,  $UU$ ,  $VV$  que pasan por el centro de gravedad de la sección del perfil, y que supuesto este de  $60 \times 60 \times 6$  mm., los valores respectivos de  $I$  serán:  $23.3 \text{ cm}^4$ ,  $37.3 \text{ cm}^4$  y  $9.5 \text{ cm}^4$ , en la misma forma, los

valores del radio de giro para los momentos de inercia indicados y con la sección del perfil de  $6.84 \text{ cm}^2$  valdrían 1.80 cm., y 1.10 cm.

Momento de inercia de perfil angular



**g.1.27.**



Capítulo 2

**Materiales**

En la construcción de las LACE se utilizan materiales de instalación permanente, estos materiales son los siguientes:

- Ángulos estructurales (torres)
- Tornillería
- Cable conductor
- Cable de guarda o de tierra
- Aisladores
- Herrajes
- Entre otros

Estos materiales se describen a continuación:

**2.1. Ángulos estructurales (torres)**

Se designa con el nombre de torres a los soportes de conductores con una altura desde aproximadamente 19 m de gruesos perfiles metálicos ensamblados estas torres son clasificadas según su:

Tipo de armado

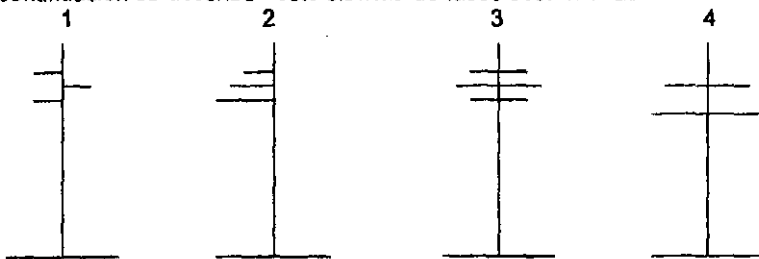
El tipo de cimentaciones utilizadas

Su aptitud para resistir los esfuerzos longitudinales

Entre los tipos de habilitación utilizada se distinguen dos grandes clases:

Una en la cual los conductores se disponen en niveles diferentes. Torres de triángulo, de bandera, de doble bandera y de doble triángulo.

A continuación se describe este sistema de fases escalonadas

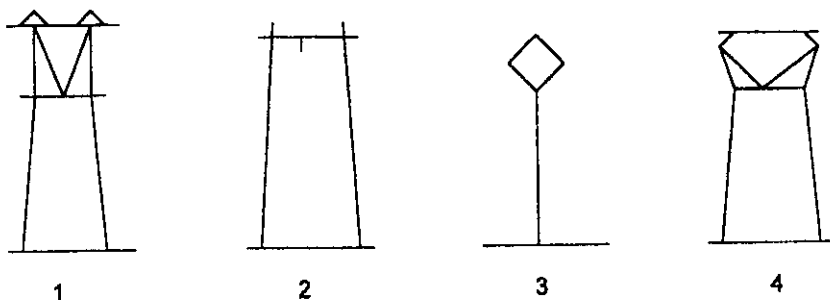


**g.2.1.**

Otra en la cual los conductores se disponen en un mismo nivel, o en niveles poco diferentes:

Torres con crucetas de capa horizontal

### Torres cara de gato



#### g.2.2.

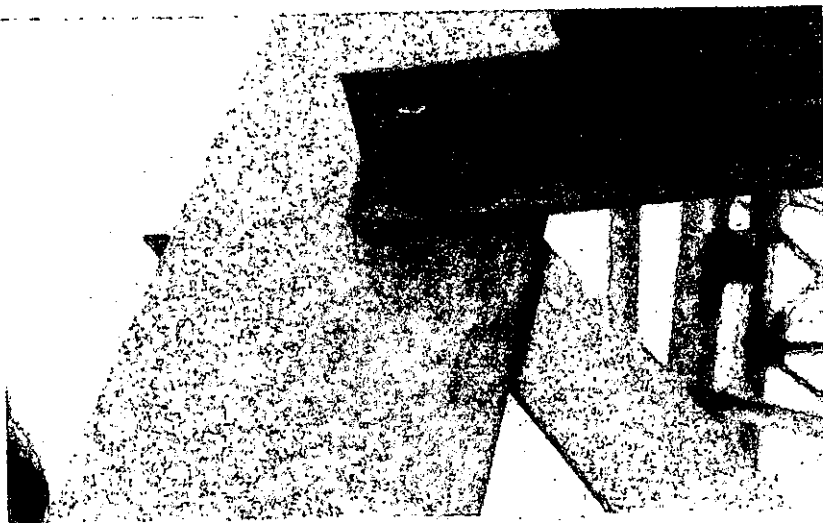
El primer tipo de torres son las de cuerpo único vertical, que permiten la utilización de un solo cable de tierra dispuesto en la parte superior de la torre.

En esta primer clase de torres se presenta la ventaja de facilitar el empleo de los armados isostáticos o torres de celosías simples o múltiples. Permitiendo obtener generalmente, a cargas iguales, la torre más económica.

Cuando estas torres son empleadas en LACE de grandes tramos, esta clase conduce a la ejecución de torres de gran altura más sensibles al rayo que aquellas de conductores dispuestos en capa horizontal, necesariamente mucho menos elevados.

### 2.2. Tornillería

Existen varios tipos de tornillos que pueden usarse para conectar miembros de



F.2.1.

acero; estos se describen en los siguientes párrafos:

**Tornillos ordinarios y comunes:**

Estos tornillos los designa la ASTM como tornillos A307 y se fabrican con aceros al carbono con características de esfuerzos y deformaciones muy parecidas al acero A36. Están disponibles en diámetros que van de  $\frac{3}{8}$  de pulgada hasta  $1\frac{1}{2}$  en incrementos de  $\frac{1}{8}$  de pulgada.

Los tornillos A307 se fabrican generalmente con cabezas y tuercas cuadradas para reducir costos, pero las cabezas hexagonales se usan a veces porque tienen una apariencia un poco más atractiva, son más fáciles de manipular con las llaves mecánicas y requieren menos espacio para girarlas. Tienen relativamente grandes tolerancias en el vástago y en las dimensiones de la cuerda, pero sus resistencias de diseño son menores que las de los remaches o de los tornillos de alta resistencia. Se usan principalmente en torres ligeras sujetas a cargas estáticas y en miembros secundarios (largueros, correas, cruces, plataformas, peldaños, etc.)

El análisis y diseño de las conexiones con tornillos A307 se efectúan exactamente igual que en las conexiones remachadas, excepto que los esfuerzos permisibles son diferentes.

**Tornillos de alta resistencia:**

Estos tornillos se fabrican basándose en acero al carbono tratado térmicamente y aceros aleados; tienen resistencia a la tensión de dos o más veces que la de los tornillos ordinarios. Existen dos tipos básicos, los A325 hechos con acero al carbono tratado térmicamente y los A490 de mayor resistencia también tratados térmicamente, pero hechos de acero aleado. Los tornillos de alta resistencia se usan para todo tipo de torres.

Estos tornillos fueron diseñados para superar la debilidad de los remaches, principalmente la tensión insuficiente en el vástago una vez enfriados.

Las tensiones resultantes en los remaches no son suficientemente grandes para mantenerlos en su posición durante las cargas de impacto o vibratorias, a causa de esto los remaches se aflojan, vibran y a la larga se deben reemplazar. Los tornillos de alta resistencia pueden apretarse hasta que se alcanzan esfuerzos muy altos de tensión, de manera que los ángulos conectados quedan fuertemente afianzados entre la tuerca del tornillo y su cabeza, lo que permite que la carga se transfiera principalmente por fricción.

En ocasiones se fabrican tornillos de alta resistencia a partir de acero A449 con diámetros mayores de  $1\frac{1}{2}$  de pulgada que es diámetro máximo de los A325 y A490. Estos tornillos pueden usarse también como pernos de anclaje de alta resistencia y para barras roscadas de diversos diámetros.

### **2.3. Cable conductor**

Son casi exclusivamente de aluminio – acero con secciones ya importantes, tanto para hacer frente a la caída de tensión como para atender al efecto corona, en el cual las pérdidas de energía dependen de la distancia entre conductores y el diámetro de estos. Este está constituido por una alma de cable de acero rodeada de una corona de hilos de aluminio. Es común en este tipo de conductor, que tanto los hilos de acero como los de aluminio tengan el mismo diámetro.

---

También para estos cables se verifica que:

$$N = 3(n^2 + n) + 1, \text{ y}$$

$$\frac{S_u}{S_c} = \frac{3(n^2 + n) + 1}{2(n + 1)^2} = \frac{N}{2(n + 1)^2}$$

En donde:

$N$  : número total de hilos

$n$  : número de capas de los hilos

$S_u$  : sección útil del cable

$S_c$  : sección del círculo circunscrito

Y para los cables que se emplean normalmente:

$n$	$N$	$S_u/S_c$
1	7	0.778
2	19	0.760
3	37	0.755
4	61	0.753

Solamente cuando halla que reforzar el alma de un cable para aumentar su resistencia mecánica, los hilos de la corona de aluminio serán de distinto diámetro que los de las almas de acero.

La resistencia mecánica del cable es inferior a la suma de las resistencias de los hilos que las forman, y la resistencia eléctrica es superior a la de un hilo de la misma sección.

Los cables no son perfectamente flexibles y este defecto influye en el momento de vibración de los mismos.

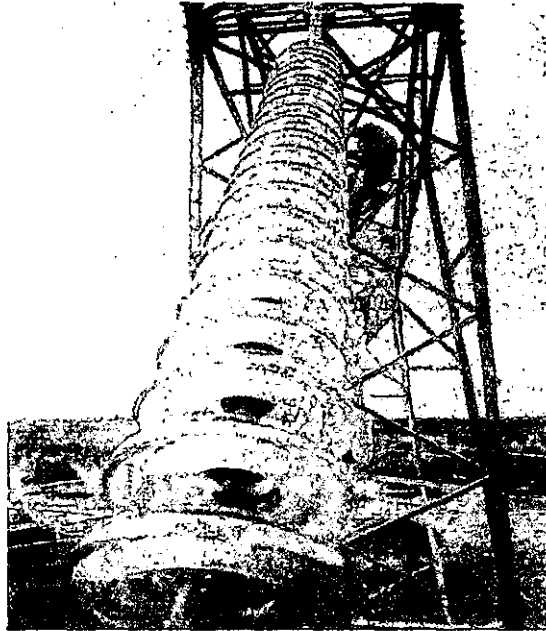
#### 2.4. Cable de guarda y de tierra

Estos son de acero galvanizado de preferencia son cables almelec - acero, sin embargo desde hace algunos años ha aparecido en el mercado, un cable formado de hilos de acero recubiertos de aluminio (aluminio estirado sobre acero), se trata de cable alumoweld, permitiendo obtener excelentes cables de tierra. Se le utilizan también, para reemplazar el alma de acero galvanizado de los conductores aluminio - acero, a fin de disminuir el riesgo de oxidación.

Estos cables homogéneos se fabrican con hilo de un mismo diámetro, por esto se llaman cables de hilos iguales, estos cables son formados por un hilo central, sobre el cual se disponen capas sucesivas de los hilos enrollados en hélice. Así se obtienen sucesivamente los siguientes cables:

Los cables mixtos, cables aluminio - acero o almelec - acero. Son normalmente cables de hilos iguales hasta secciones de 250 a 300 mm<sup>2</sup>. Estos son cables de 37 hilos compuestos de 7 hilos de acero y 30 de aluminio.

**2.5. Aisladores:**



*f.2.2.*

Se entiende como aislador a un conjunto de unidades de aisladores de suspensión adecuados para soportar rígidamente y no rígidamente conductores eléctricos.

Los aisladores de suspensión (torres de suspensión) se clasifican de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla:

Por su acoplamiento
a) Horquilla y ojo anular
b) Calavera y bola
Por su aplicación
a) Normal
b) Corrosión
c) Contaminación

Las partes metálicas, exceptuando las chavetas son fabricadas de hierro nodular (hierro maleable) o de acero, estas son galvanizadas por inmersión en caliente.

Los aisladores tienen un acabado en el vidrio o porcelana, completamente liso en toda la superficie activa, libre de burbujas o de imperfecciones, por lo que respecta al cementado debe observarse en dos lugares: en el borde de la cachucha no debe haber excedente de cemento y alrededor del perno el cemento

debe presentar una superficie lisa y libre de imperfecciones que perjudiquen su operación.

La resistencia mecánica de un aislador es la carga a la cual, cualquier parte del aislador falle en su función de soporte mecánico, independientemente de una falla eléctrica.

Existen varios tipos de aisladores, a continuación se enuncian:

Aisladores tipo alfiler y poste

Aisladores soporte (tipo alfiler y columna)

Aisladores tipo retenida

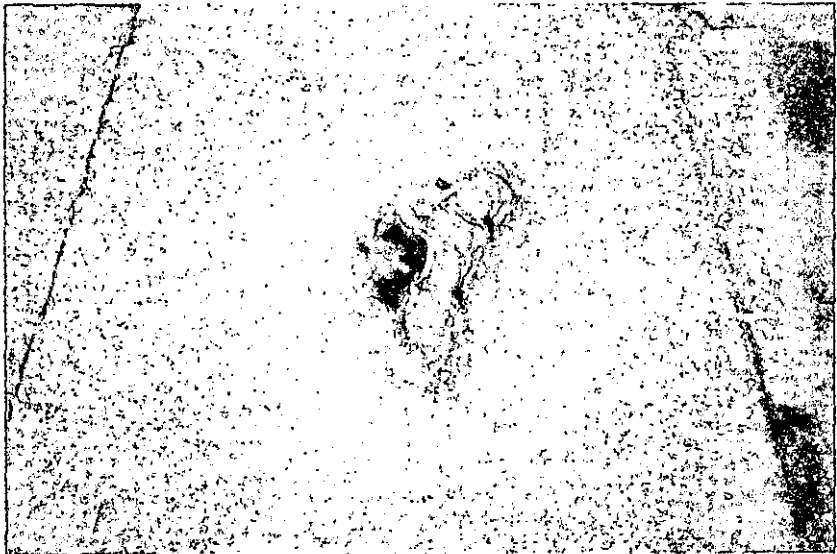
Aisladores tipo carrete

### **2.6. Herrajes:**

Bajo este nombre se designa al material (aparte de los aisladores) que constituye las cadenas de aisladores, el material de suspensión y de anclaje de cable de guarda, el material de empalme y terminal de los conductores y del cable de guarda, y los diversos accesorios; conexiones a tierra, descargadores y riostras.

En general se distinguen cuatro tipos principales de cadenas:

La cadena de suspensión simple, empleada en alineación y en los pequeños ángulos flexibles.



**f.2.3.**

Las diversas cadenas de suspensión dobles utilizadas en algunos cruces importantes y en los ángulos flexibles.

La cadena de anclaje simple, empleada algunas veces en los empalmes de la LACE y frecuentemente con las estaciones.

---

También se utiliza una clasificación de cadenas basada en la resistencia mecánica de los aisladores.



**1.2.4.**

**Capítulo 3**

**Topografía, apertura de brecha forestal y caminos de acceso**

El mejor medio para determinar la elección del trazado de la LACE es contar con los mapas de la región a cruzar, para determinar la topografía, estos mapas deben incluir desde autopistas a alta velocidad hasta caminos de terracerías, el estudio de estos mapas permite conocer los poblados, las pequeñas comunidades agrupadas o aisladas, los aeropuertos existentes, los estadios, los cementerios, los bosques, los ríos, las diversas plantaciones de árboles, el tipo de cultivos que se cruzaran, el relieve del terreno, los macizos montañosos, las crestas, los valles, etc.

**1.3.4.**





El sentido de la LACE es de gran importancia para la ubicación, esta se dará por primera instancia ya sea de la planta central donde se origine la energía o desde la subestación que la distribuye, hasta la sub – estación que la distribuirá, una vez realizada la ubicación de estos puntos, será necesario estudiar la ubicación de Líneas telefónicas, Líneas eléctricas, de distribución, existentes y proyectadas a futuro, zonas de explotación de canteras, asentos mineros, pantanos, pozos petroleros y la más importante de todas la ubicación de ranchos y ejidos de los cuales sus propietarios en un tiempo futuro otorguen permiso para construir las torres en sus propiedades.

El conjunto de estos datos permite hacer las modificaciones necesarias del trazado obteniendo así un trazado en el mapa muy cerca del definitivo. A partir de este trazado será posible iniciar las gestiones documentales y establecer los contactos ante el gobierno o ante el propietario del terreno donde se construirá la torre.

Mientras se desarrolla la investigación del trazado es necesario iniciar el estudio topográfico de la LACE, Topografía: consiste en determinar las acciones relativas de numerosos puntos en el terreno (mojoneras) y proyectar los mismos a una escala reducida, en el plano o mapa. Las mediciones en el terreno son trabajos de levantamiento que abarcan los de planimetría o proyección de los puntos del terreno en un plano y de nivelación que determinan la altura de las superficies terrenales. Para situar geográficamente el plano o mapa es necesario ligar todas las mediciones a una base conocida, (geodesia) suministra redes de triangulación del territorio, cada uno de cuyos nudos se halla perfectamente situado o marcado en el terreno (mojoneras), y definido por coordenadas geográficas (longitud y latitud). Cada una de las mallas grandes de una red geodésica puede ser subdividida por una triangulación, para obtener una red de segundo orden y de mallas más pequeñas cuyos lados serán otras bases desde las cuales se efectuarán las operaciones topográficas. Estas consisten primeramente en dividir cada malla en polígonos, tomando como vértices puntos correspondientes a los puntos del terreno luego el topógrafo, con ayuda de instrumentos para medir ángulos (teodolito, allada, nivel, etc.) de jalones y miras plantados en el suelo, sigue itinerarios en forma de líneas quebradas o de polígonos a lo largo de puntos de referencia como ríos, caminos, etc., situando cada vez el punto o estación respecto a los puntos ya determinados y trazados en el papel.

Al mismo tiempo mide también la posición de aquellos detalles del terreno que han de figurar en el plano o mapa y a proximidad de los cuales pasa. Para limitar los errores es necesario que el itinerario seguido se cierre lo mas pronto posible, volviendo al punto de partida.

El plano hecho sobre el terreno con el tablero, se calca después con tinta y se agregan los símbolos que representan los detalles demasiado pequeños para ser dibujados a la escala, finalmente se colorean los ríos, las montañas, etc.

---

### **3.1. Localización de estructuras y verificación del perfil**

La verificación del levantamiento topográfico es la actividad que deberá desarrollarse para comprobar que la información contenida en los planos topográficos del proyecto sea correcta.

Se localizará en el campo de los sitios de instalación de las torres, y se colocará la mojonera correspondiente en el centro; ésta deberá tener claramente indicado con pintura indeleble el número y tipo de la torre. Adicionalmente deberán verificarse los puntos sobresalientes del levantamiento topográfico y laderas existentes, así como los cruces con vías de comunicación y construcciones en general.

A partir del centro de cada torre (la mojonera instalada), deberán efectuarse los levantamientos topográficos en diagonal que se utilizarán para determinar las extensiones que se instalarán en cada pata de la torre y además para determinar los ejes de las excavaciones.

En caso de que se detecte que el sitio predeterminado para ubicar una torre no sea el correcto, debido a alguna situación particular que pudiera afectar su estabilidad o dificultar el proceso constructivo, deberá reportarse inmediatamente para que sean tomadas las medidas correspondientes y se proceda a mover la torre de lugar.

Para llevar a cabo la verificación del perfil y la localización de torre se utilizará el método de tangentes completas respectivamente, éste último se realizará colocando el aparato topográfico, ya sea de tránsito o teodolito, en la primera torre viendo hacia la segunda torre, enseguida se observará la tercera torre para verificar que el eje de la LACE se encuentre en Tangente, en dado caso de que exista alguna deflexión, se dará el ángulo que se indica en la lista de distribución y al visar deberá coincidir con la siguiente torre. Este procedimiento se repetirá a través de toda la LACE.

Será conveniente comprobar que el eje de la LACE se encuentre en tangente cada 4 o 6 torres cuando el terreno sea muy accidentado, y cada 8 o 10 torres en otro tipo de terreno, siempre y cuando en las torres no exista un punto de inflexión.

Al realizar la localización y verificación de una torre deberá llevarse a cabo el trazo de las cepas en donde se cimentará la torre. Lo cual se efectuará de acuerdo a los levantamientos topográficos en diagonal para determinar las extensiones que se instalarán en cada pata de la torre y para determinar los ejes de las excavaciones.

---

### **3.2. Inventario de corte de árboles sobre el sendero topográfico**

El topógrafo debe apuntar todos los árboles cortados sobre la línea para que se puedan realizar las punterías (miras). Este inventario puede conservar también a los árboles que no se encuentran sobre el sendero de Topografía.

Se debe notificar el tipo de árbol, su diámetro, ubicación, generalmente el topógrafo contabilizará los árboles con un diámetro superior a 15 cm.

### **3.3 Procedimiento de bitácora en la localización de las patas**

La libreta es de fácil utilización por que se encuentra en forma de dibujos, donde será notificada una identificación del soporte (su número provisional, su número definitivo, tipo de soporte y el valor del ángulo). Se debe hacer una flecha indicando por que lado se puede alcanzar el soporte. El eje de la línea esta dibujado, se debe apuntar el origen y llegada.

La localización de las marcas sobre la libreta debe corresponder a la realidad en el sitio. Cada marca debe tener un índice A, B, C, con la cota entre el punto y el eje de soporte, después se debe apuntar el tipo de marcas y el eje de soporte por ejemplo un clavo sobre el árbol.

Físicamente todas las marcas (al máximo 3) serán rodeadas de pintura con su índice a lado. Generalmente sobre la libreta se indica el color de pintura utilizada

El dibujo no tiene escala pero debe respetar la proporción de la realidad. Todos los dibujos serán con fecha y firma de dibujados y una copia será entregada al responsable topógrafo, el original se irá a la oficina.

#### **3.3.1 Implantación de las patas**

El eje real de alineación es la alineación materializada por los jalones del eje de las torres.

La diferencia en alineación, o sea la distancia entre el jalón del eje de la torre y la alineación teórica debe ser inferior en centímetros a:

$$D/500+5$$

Donde D = Distancia en metros, del jalón considerando al ángulo lo más cerca al aparato de medición, en el caso particular de proximidad de límites de parcelas una derogación a las tolerancias puede ser otorgada por el cliente.

El error sobre la distancia horizontal, entre dos jalones de eje de soporte debe ser inferior en centímetros a:

2 raíz cuadrada de D, en terreno plano, donde la pendiente < 10 %

3 raíz cuadrada de D, si el terreno es desigual, donde el 10% < pendiente < 20%

4 raíz cuadrada D Terreno muy desigual donde la pendiente < 20 %

En este caso D es la distancia horizontal, (en metros) entre dos jalones consecutivos.

---

### 3.3.2 Ubicación de stubs (tolerancias en mediciones)

Están permitidas las siguientes tolerancias para la instalación de los stubs en concreto cuya cima esta señalada por el eje del orificio superior.

- Las distancias entre dos cimas de los stubs y el eje real de alineación no deben superar 5 mm por metro con un máximo de 5 cm, para las torres de deflexión, esas mismas distancias están determinadas considerando la bisectriz del ángulo en línea formado por los dos ejes reales de alineación de las torres contiguas al soporte del ángulo.
- Las distancias entre dos cimas de stubs no deben diferir de las cotas del dibujo de más de 5 mm por metro con un máximo de 10 mm (ver anexo de planos).
- Las diferencias entre las longitudes de las diagonales no deben superar 1 mm por metro con un máximo de 20 mm
- Los stubs deben de estar inclinados en conformidad con los indicadores de los planos de ejecución. La diferencia no debe superar los 3 mm/metro
- La diferencia entre la estaca y el eje del soporte y el centro real de la torre (intersección de las diagonales) no debe superar los 2 mm/m de diagonales con un máximo de 5 cm.
- Las cimas de los stubs deben estar ubicadas sobre un mismo plano horizontal, la diferencia máxima entre los niveles de los stubs no debe superar 5 mm.

### 3.3.3 Verificación de perfil

Este se debe efectuar con distanciómetro electrónico, este aparato tiene como objetivo verificar que la trayectoria y colocación de puntos estén como se indica en los planos de perfil en planta del proyecto, por lo cual es necesario verificar la localización nuevamente de toda la trayectoria de la LACE partiendo de la salida de la bahía de la sub – estación con 0+00 Km. y la cota de inicio, se toma este punto como partida nivelándose el aparato, se toma la altura del aparato y se coloca en cada uno de los puntos visibles hacia adelante verificando la distancia y alineamiento, registrando lecturas cada 100 m., máximo en terrenos planos, salvo donde exista cambio de pendientes, así como en las partes bajas y prominentes se puede hacer lecturas máximo de 1 Km. Solo si la visibilidad lo permite se hace cambio de aparato, se hace otra vez el mismo procedimiento anterior, se continua tomando lecturas hacia delante a 0°00' y se verifica hacia atrás a 180°.

Se registra también en los puntos de deflexión o puntos de inflexión el ángulo izquierdo o derecho y el número de punto de inflexión. Se levantará y dibujara cualquier elemento que a continuación se describe que cruce o quede dentro de un radio de 25 m.

- Linderos de terreno y su tipo
  - Ríos, arroyos, escurrimientos pluviales, canales, lagunas, presas, zonas inundables, pantanos, carreteras, caminos, brechas, puentes, ferrocarriles, tipo y altura de construcciones.
  - Tipo de vegetación, sembradíos, huertas, arboledas y sus alturas en el momento y máximas de crecimiento.
  - Tipo y uso de terreno
-

Todos los datos deben registrarse en libretas de tránsito, los registros deben tener todos los datos necesarios, claros y precisos para que se dibuje en los planos de perfil y planta con colores diferentes para comprobar o detectar cualquier desviación o alteración en kilometraje o elevaciones de existir tales se deben notificar al cliente con el objeto de aplicar oportunamente las correcciones necesarias.

#### **3.3.4 Verificación de contraperfiles**

Este punto es detectado desde que se hace la verificación del perfil, se dibuja en planos de planta y del proyecto si existe alguno se reporta inmediatamente al cliente, para que en su caso se cambie de elevación alguna de las dos torres adyacentes al contraperfil o libramiento de cable conductor a tierra, también se verifican los contraperfiles laterales o cruzamientos que queden en un radio de 25 m. de la línea como son:

- Carreteras y caminos de terrasería
- Ríos, arroyos y canales
- Vías con ductos de gas, petróleo o derivados
- Líneas telegráficas o telefónicas
- Líneas de distribución de energía eléctrica

#### **3.4. Apertura de brecha forestal**

La apertura de brecha forestal es principalmente para la protección de las torres y conductores contra la caída de árboles o ramas que puedan ocasionar daños o fallas en la LACE; además de facilitar las maniobras de construcción y la transportación del personal, materiales, equipos así como la protección de bosques, terrenos y cultivos adyacentes contra posibles incendios ocasionados por la caída de cables conductores.

Para la apertura de la brecha se deberá seleccionar método de construcción de acuerdo a la Topografía (ya realizada) y vegetación del terreno por donde se construirá la LACE, siempre teniendo en cuenta hacer el menor daño a los ecosistemas, quedando muy restringido el uso tanto de fuego como de productos químicos.

El área a deforestar en el sitio de las torres se realizará respetando los señalamientos hechos por el Instituto Nacional de Ecología, el desmonte (quitar la capa vegetal) podrá llevarse a cabo a mano o empleando maquinaria manual.

Durante la construcción de la LACE, deberán evitarse los daños a las zonas de cultivo en lo posible.

Cuando sea posible la brecha servirá para la habilitación de caminos a lo largo de la LACE para el transporte de personal, materiales y equipos, así como para el tendido y tensionado de los cables conductores y de guarda.

La brecha protegerá los bosques, terrenos y cultivos adyacentes a las líneas, contra posibles incendios ocasionados por la caída de conductores.

---

El ancho máximo de la brecha estará de acuerdo con el voltaje de la línea, de la disposición de los conductores, del tipo de las torres y de la pendiente transversal del terreno.

No se abrirá brecha en zonas de cultivo, cuando no rebasen la altura mínima de 1.50 m. requerida del libramiento excepto cuando por necesidad de construcción se abriera una brecha de ancho mínimo permitiendo el desarrollo correcto y con seguridad de la obra.



f3.5.

f.3.5.

### **3.5. Caminos de acceso**

La planeación para la construcción de los caminos de acceso comprende principalmente los siguientes puntos:

Determinación de la cantidad de caminos de acceso necesarios (nuevos o existentes que están dentro del derecho de vía)

Trámite de permisos correspondientes

Determinación de la trayectoria de la construcción de nuevos caminos, eligiendo en el terreno tal que se eviten cortes y/o terraplenes en laderas y de civiles acentuados, evitando además la apertura de caminos en sitios con pendientes mayores a 20%.

Cuando sea posible, los caminos de acceso deben ser realizados dentro de la franja de energización, pero alejada del eje de la LACE para permitir la libre circulación de vehículos durante la fase de tendido de cables.

En terrenos accidentados abrir el acceso de forma tal que su aproximación a la torre sea siempre por el lado más elevado del terreno para evitar riesgos de erosión.

Se deben planear los libramientos necesarios para evitar daños en cultivos.

Comprenderán todas las actividades que se requieran para garantizar la seguridad en el transporte de personal, material y equipos necesarios para la construcción de la obra.

Previo a la construcción de los caminos de acceso se deberá seleccionar el método y procesos de construcción, y hacer esquema de croquis de los accesos a construir.

Estos caminos proporcionarán el acceso a cada una de las torres, o en su defecto si la topografía del lugar no lo permite, se acercarán lo más posible a la torre.

Los caminos de acceso deberán construirse en la forma más económica posible con terracerías a pelo de tierra o con espesores mínimos necesarios de cortes o terraplenes, considerando que deberán estar en condiciones de uso según la necesidad de la obra.

Para la construcción de caminos de acceso, deberán aprovecharse caminos ya existentes (darles mantenimiento), como caminos asfaltados, brechas y/o terracerías, que se encuentran cerca de la LACE si es necesario se unirán con rampas de penetración en cada torre en otros casos tendrá que realizarse el camino de acceso hacia la LACE y posteriormente los entronques hacia cada torre, y si la topografía lo permite deberá realizarse el camino en el derecho de vía.

Cuando se requieran cortes muy grandes, rellenos de material como grava, obras de drenaje sofisticadas u otras obras que afecten negativamente al ecosistema, será necesario el uso de maquinaria pesada.

---

**Capítulo 4**

**Cimentaciones**

El ensamble de una torre no puede efectuarse sin un reconocimiento previo del terreno (practicado mediante zanjas y/o sondeos) que permita determinar las características de las cimentaciones, si el terreno es bueno (firme, sin humedad, ni agua), las cimentaciones son profundas y se reducen a una pequeña zapata, en el caso contrario se recurre a la construcción de otra forma de cimentaciones apropiadas a la naturaleza del suelo, si la torre será ensamblada sobre roca existe un tipo de cimentación "natural" en la cual se utilizará la roca como una gran zapata, posteriormente veremos más a fondo este tipo de cimentación.

Se agrupan tres tipos de cimentaciones:

Soportes de cimentación única

Soportes de cimentación doble

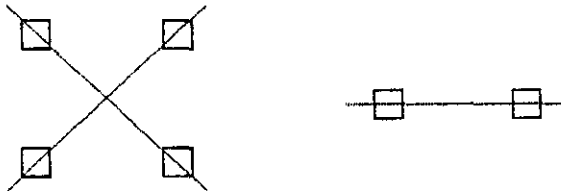
Soportes de cimentación separada

Los soportes de cimentación única son generalmente postes de hormigón o torres metálicas de base estrecha.

Los soportes de cimentación doble son en general torres de base rectangular y de dimensiones reducidas.

Los soportes de cimentaciones separadas representan casi la totalidad de las torres de grandes LACE en las que las dimensiones de la base son superiores a cuatro o cinco metros cúbicos.

A continuación esquematizamos la ubicación de las cimentaciones en cada tipo de torre:



**4.1. Trazo de las excavaciones:**

Esta etapa da por hecho que la localización de las patas y de los perfiles topográficos en cruz son realizados con anterioridad si hay necesidad para ellos.

Las pruebas de suelos permiten determinar una primera elección de dimensiones de las cimentaciones.

Marcar las excavaciones conforme a lo indicado en los planos teniendo una especial atención cuando hay terrenos de fuerte declive.

Se aconseja instalar estacas (de madera u otro material) en las cuatro esquinas de la excavación y una quinta de referencia, indicando la altura del fondo de la cepa.



En caso de las torres de deflexión, el topógrafo deberá marcar la bisectriz del ángulo de deflexión suficientemente alejado de las excavaciones a fin de que esos puntos de apoyo no sean recubiertos de escombros.

Para el caso de cimentaciones de anclaje, el trazo de referencia se retira de las zonas de perforación o barrenación, una vez hecho el marcaje de las excavaciones, cuidar su correcta posición con respecto al eje de la LACE o a la bisectriz del ángulo.

#### **4.2 Apertura de las excavaciones**

Cualquiera que sea el sistema utilizado para la apertura de las excavaciones: manual, mecánico o de explosivo, se cuidará particularmente de respetar las acotaciones teóricas implantadas por el topógrafo, en lo posible.



f.4.6.

Los escombros serán llevados lo suficientemente lejos de los bordes de las excavaciones para evitar cualquier sobrecarga de peso y evitar de esa manera derrumbar las excavaciones, dejar accesos suficientes, una superficie de trabajo bien distribuida para la mezcladora de concreto y para el personal.

En los terrenos inestables tales como zonas con gran cantidad de arena, suelo pantanoso o cualquier excavación que pueda presentar un gran riesgo de inestabilidad se debe colocar una protección que ayude a mantener las paredes de la excavación aplicar el método que se adapte mejor al terreno.

Si en la apertura de las excavaciones el terreno se muestra diferente de aquel que había conducido la elección de la cimentación, la apertura deberá detenerse, en este caso se avisará al responsable de mecánica de suelo.



tesis15.jpg  
1.4.7.

El fondo de la excavación es la parte más delicada de esta. Cuando se utiliza una retroexcavadora, es conveniente parar el trabajo con esta aproximadamente 15 centímetros antes de llegar al fondo de la excavación (marcado en los planos), si es necesario terminar cavando a mano. Los recortes también serán realizados manualmente o con la ayuda de martillos neumáticos.

Está prohibido rellenar una excavación con tierra después de haber excedido la acotación teórica. Si existiera un error mínimo, del orden de algunos centímetros, (ver tabla de tolerancias 4.1), se recupera el error manteniendo la acotación de nivelación de los stubs.

Para los excesos de excavación notables (fuera de la tabla de tolerancias 4.1), colocar una plantilla de concreto, suelo de cemento, esta deberá ser realizada sobre todas las superficies de la excavación hasta recuperar la altura teórica.

Los fondos de las excavaciones deben de ser limpios de las materias extrañas, como madera, bolsas de papel, etc. y serán nivelados correctamente.

Cuando sea necesario o haya necesidad, se procederá a la colocación de una cama de arena, de agua o de una capa de concreto pobre (plantilla).

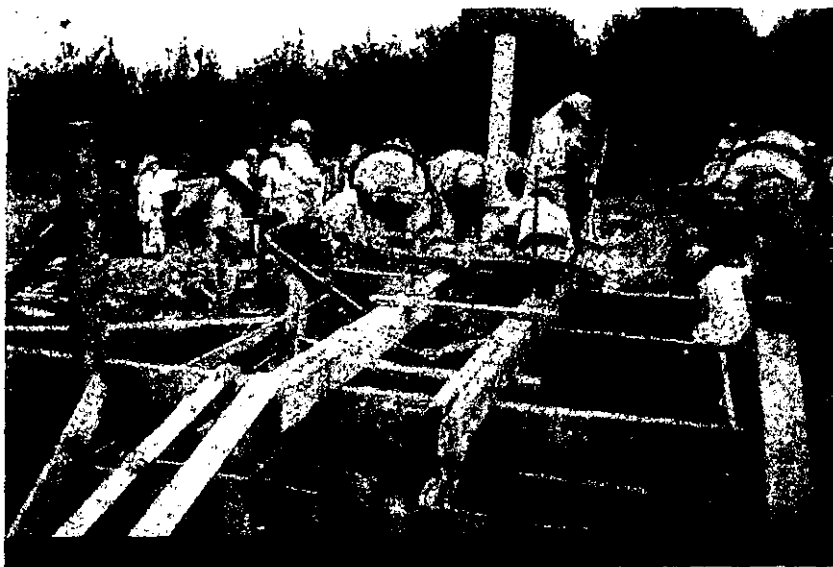
Con el fin de minimizar los derrumbes, se evitará dejar las excavaciones abiertas por largo tiempo debiéndose rellenar y compactar lo más pronto posible, cuidando con esto la calda de animales dentro de las excavaciones.

Cuando sea necesario, y con la intención de evitar accidente, las medidas a tomar serán cercar y proteger la zona de las excavaciones.

Los controles estarán relacionados y registrando con apego a la altura, la verticalidad de las paredes si es aplicable, la profundidad y el nivel de las capas, según los planos.

En un documento de "control de localización y trazo", deberán aparecer por lo menos las informaciones siguientes:

- fecha de control
- número de torre
- tipo de torre
- número de pata de referencia
- profundidad de cada excavación
- niveles de fondo de las excavaciones con respecto a la mojonera
- tipo de cimentación
- firma del supervisor
- firma del topógrafo
- firma del responsable de obra civil



*F.A.B.*

Aunque el respecto de los valores teóricos demore la realización del objetivo, la diversidad de tipos de suelos y los medios utilizados para las excavaciones, no deben permitir, en las condiciones normales de trabajo ser muy rigurosos.

---

La tabla 4.1 siguiente proporciona, en función de tipos de terreno, tolerancia aceptable con respecto a las informaciones teóricas.

#### 4.3. Tipo de terreno

TERRENO	Normal	Con agua Sin encofrado	Con agua Y Encofrado	Rocoso o derrumbe	Roca De Explosivo
Niveles					
En la superficie	± 3%	N/A	± 10%	± 3%	± 20%
En el fondo de la Excavación	+ 3%	N/A	+ 10%	+ 5%	+ 10%
Nivelación fondo Plantilla	± 2%	± 2%	± 2%	± 3%	± 3%
Nivelación fondo parrillas	± 1%	N/A	N/A	± 1%	± 1%
Inclinación (cimentación perforada)	± 0.5%	± 0.5%	± 0.5%	± 0.5%	

Tabla 4.1.

Estas tolerancias son dadas a título de información, pero no pueden en ningún caso aplicarse a todos los tipos de terreno y de excavación, mucho menos a excavaciones modificadas (clasificaciones) ni en circunstancias que hagan que el trabajo se vuelva particularmente complicado.

#### 4.4. Instalación y nivelación de los stubs y/o bottom panel

Realizar una nivelación de stubs o de Bottom Panel, es una tarea minuciosa que requiere de muchas precauciones, los controles serán frecuentes: Existen varios métodos para la nivelación, he aquí los más utilizados:

- A. Nivelación pata por pata (con o sin gabarito)
- B. Nivelación por Bottom Panel

Estos 2 principios de nivelación son diferentes en muchos campos, la preparación del material, la formación de la cuadrilla, el transporte, etc.... Cada principio se adapta a un tipo de terreno, a la calidad o el tipo de acceso, o de contexto simplemente, cual sea el método utilizado, la nivelación final deberá permanecer en las normas de tolerancia.

- A. Nivelación pata por pata (con o sin gabarito)

Se requiere que la colocación del stub sea de acuerdo a el nivel, la distancia y la pendiente de este con respecto al centro de la estructura (mojonera).

Este sistema permite el colado de cada pata de la torre de forma independiente y precisa, controlando con el teodolito (previamente calibrado).

a) Previo a la iniciación de las actividades de nivelación de stubs, se verificara que el stub sea el correcto verificando con el plano y esté armado de acuerdo al plano del stub, se debe verificar que las dimensiones de excavación y cota de desplante cumplan con lo especificado en el plano.

b) El stub armado debe quedar totalmente independiente de él acero de refuerzo y de la cimbra es decir no debe tener interferencias; debiendo estar sujeto al gabarito el cual por medio de sus dispositivos nos permita centrar, nivelar y dar la pendiente en el espacio al stub, como también si es necesario permita realizar ajuste durante el colado si se presentan desplazamientos de los mismos.

c) Se procede a colocar el stub en la posición definitiva de acuerdo a las medidas de control indicadas en planos para el tipo de estructura a nivelar. Para lo cual antes se debe haber colocado el gabarito en la posición aproximada a la que debe quedar el stub para luego afinar la posición del mismo con los movimientos particulares y de precisión del gabarito.

d) Para la nivelación del stub se debe verificar lo siguiente:

d.1) Nivel de los 4 stubs

d.2) Verificación de la apertura del ángulo del teodolito (stub mojonera).

d.3) La medida diagonal (stub mojonera).

d.4) Alineación del stub con relación a los ejes transversales y longitudinales de la LACE

d.5) Pendientes del terreno

d.6) Se debe verificar que los datos anteriores se encuentren dentro de la tolerancia de las especificaciones.

e) Se procede a la colocación del armado de acero de refuerzo de la zapata y de la columna en las cepas o excavaciones previo colado de plantillas donde así lo requiera.

f) Durante el colado se deben verificar las medidas indicadas en el punto "d" de forma constante y también al final del mismo.

g) Stub: Elemento estructural de medidas diferentes el cual una parte de este, queda embebido en la cimentación del concreto y la otra parte presenta una proyección para la conexión de la torre siendo por medio de este que se transmiten la cargas de la torre a la cimentación.

h) Gabaritos: Dispositivo mediante el cual son suspendidos, nivelados, cerrados y alineados individualmente cada uno de los stubs, cuya particularidad consiste en que permite movimientos controlados en todas direcciones (sobre los ejes x, y, z.), así como movimientos de pendiente, consta de tres partes esenciales: a) Espárragos o soportes roscados, b) Base, c) Gabarito.

---

### **B. Nivelado de Bottom Panel**

Este principio consiste en nivelar los 4 stubs al mismo tiempo armados al primer tramo de la torre o Bottom Panel, este se arma de acuerdo al procedimiento de montaje (ver Capítulo 5) y consiste en nivelar toda la estructura completa, suspendiendo sobre polines, si el desnivel entre pata y pata es grande de tal manera que presente inestabilidad o riesgo de pandeo y además esto dificulta las maniobras para su nivelado definitivo, se colocaran vientos para las extensiones. Este método es adoptado en terrenos con grandes desniveles entre patas, esto es controlado con un teodolito.

Después de cada nivelado, un control sistemático se efectúa en cualquiera que sea el principio de nivelado adoptado, para un control de nivelación de stubs según el principio de pata por pata, verificar la alineación de la cabeza del stub en la diagonal con la altura de la media diagonal, medida horizontalmente, controlar el nivel de la cabeza del stub, verificar las inclinaciones del stub. Si en una de estas operaciones se encuentra modificada, rehacer los primeros controles, si es posible.

### **4.5 Cimentación (concreto)**

Es la combinación de materiales pétreos, inertes, cemento, agua y aditivos en las porciones adecuadas bajo un diseño de mezclas de tal forma que al endurecerse el cemento adquiere la resistencia mecánica, como durabilidad y demás características requeridas para la construcción de los cimientos de las estructuras.

Se deben tomar en cuenta las facilidades de accesos y la duración del acarreo que debe ser lo más cercana a la excavación para la elección de los puntos de abastecimiento.

También elegir las fuentes de abastecimiento así como el agua para la mezcla lo más cerca posible a la obra, además realizar la toma de muestra para los análisis del laboratorio.

Es importante verificar la importancia de los bancos, si la extracción es hecha cerca de la obra. Como se observa son pocos y sencillos pasos, pero deben estar bien coordinados, para colar lo más pronto la cimentación y no existan movimientos que afecten la colocación de los stubs.

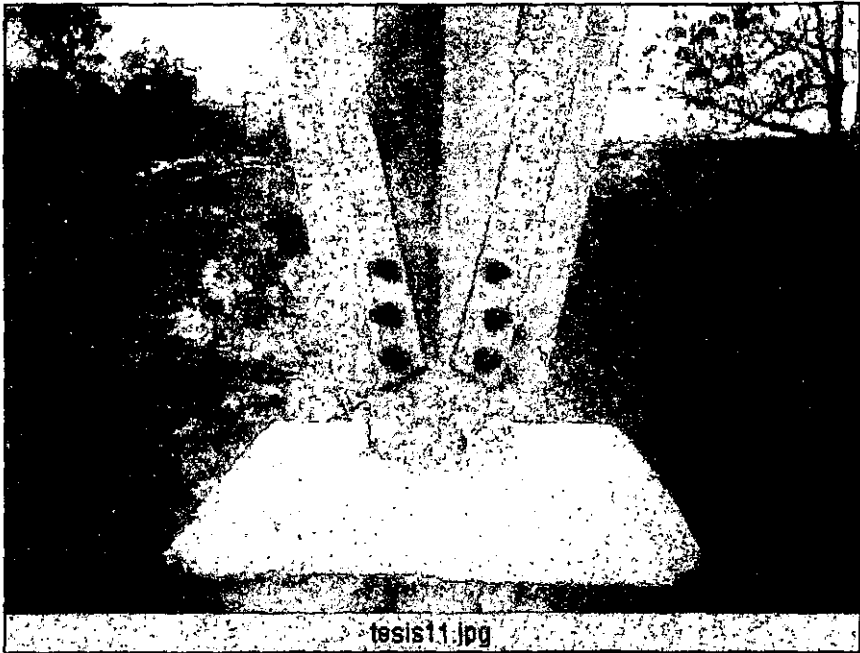
Para el caso de la grava y arena se efectuaran las pruebas correspondientes para determinar sus características físicas (granulometría, densidad, absorción, peso volumétrico, colorimetría, perdida por lavado e intemperismo), el peso específico de los agregados deberá ser mayor de 24.0 KN/m<sup>3</sup> y el modulo de finura de la arena entre 2.4 y 3.0 mm.

El cemento a utilizar será uno con bajo contenido en álcalis (0.60% máximo) y además es necesario demostrar mediante ensayos practicados por laboratorios, que tanto el agua como el suelo y los agregados no posean elementos nocivos que reaccionen con él álcalis del cemento y que tanto el suelo como el agua que estarán en contacto directo con el suelo no contengan cloruros no sulfatos, que puedan evitar la adherencia del cemento.

---

El agua a utilizar será muestreada y analizada para verificar su calidad física y química, demostrando que no posee sustancias que puedan perjudicar al concreto o al acero de refuerzo tales como sales, aceites y ácidos.

Una vez cubierto el punto anterior procedemos a diseñar la o las mezclas con los diferentes bancos y fuentes de suministros, esta mezcla debe alcanzar los niveles de resistencia a compresión del concreto, a causa de la variación en los materiales, dosificación, mezclado, colocación del concreto, etc., la resistencia promedio deberá ser mucho más alta de la considerada en el diseño, (especificada en los planos); es necesario considerar en el diseño de las mezclas una desviación estándar de 4.4. MPa.



f.4.9.

#### **4.6. Abastecimiento y almacenamiento de los componentes del concreto**

Según la ubicación de la obra se debe definir el almacenamiento de los depósitos principales de agregados, varilla y cemento, almacenes intermedios o su traslado directo a la pata de la torre.

Una vez definida la cantidad de agregados, cemento y agua necesarios para cada cimentación, estos deben ser almacenados de manera racional con el fin de minimizar las pérdidas y preparar las áreas de almacenamiento.

El almacén para el cemento en sacos, será cerrado para evitar su hidratación, se evitara el contacto con las paredes y con el suelo lo cual se colocaran tarimas de madera u otro material, con una altura de por lo menos 10 cm. del piso.

En el sitio de la torre se verificará de no colocar el cemento en lugares húmedos. Para el caso de los agregados estos estarán separados lo suficiente para que no se mezclen entre sí, deben estar sobre una superficie firme y de ser necesario se colocará una plantilla del mismo agregado.

El acero de refuerzo corresponde a las varillas de acero corrugado que quedara incrustado en el concreto después del colado, mismo que tomara los esfuerzos de tensión de la cimentación, de la torre y cables que soporte.

Para el caso de cimentaciones de anclaje serán varillas corrugadas y barrenos en roca de dimensiones mínimas de acuerdo a planos.

Se verificara por inspección visual que se encuentre limpio y libre de polvo y/o oxido.

Para su habilitado se utilizaran guillotinas mecánicas o hidráulicas y cortes con segueta, la colocación se realizara conforme a los planos de cimentación.

El acero de refuerzo se almacenara sobre plataformas, maderas, polines u otro soporte y se protegerán contra la oxidación. Debido a que no esta exento de sufrir oxidaciones, se procederá a su limpieza con cepillos de alambre, antes de su instalación definitiva de manera que garantice la adherencia entre este y el concreto.

En el acomodo de la cimbra se debe aceitar la cimbra (aceite de recuperación...) antes de su montaje, o antes de instalar el acero de refuerzo, verificar que el cimbrado corresponda al tipo de cimentación que se realizará

Cuidar que las posiciones del cimbrado estén en la forma correcta antes de colocar el acero de refuerzo.

Las cimbras tienen por función confinar el concreto de forma que coincida con las dimensiones mínimas de los planos de encofrados correspondientes, por lo cual tendrán la resistencia necesaria para contener la presión resultante de la colocación y compactación del concreto, estos deben tener las características de acabados especiales como son los chafanes para evitar las aristas vivas en el concreto encontrado en las columnas de la zona que corresponde al afloramiento como mínimo.

Se verificara su montaje y troquelado que garantice su posición durante el desarrollo del colado hasta que el concreto halla endurecido de tal manera que pueda ser removida o desplazada sin causar daño al concreto, se bañaran de aceite las cimbras o de un material decimbrante adecuado.

---



#### **4.7. Colocación, compactación y curado del concreto**

Cada colado debe cumplir con lo siguiente:

Material suficiente que garantice la finalización del colado

Equipo de dosificación (botes de plástico o alcohólicos aforados)

Revolvedora

Vibradores

Personal necesario y debidamente calificado

Previo a la colocación del concreto se humedecerán las partes que entran en contacto con el concreto.

Para evitar el vaciado del concreto en caída libre a una altura no mayor de 1 m., se utilizarán canalones de lamina o mangas de lona si es necesario se abrirá una ventana en la cimbra de manera que se evite la caída del concreto a una altura mayor de la especificada de lo contrario los agregados con la caída se acentuarán y el cemento subirá a la superficie de la colada.

La rapidez de colocación permitirá que el concreto fluya fácilmente y penetre en los espacios del armado. El vaciado del concreto se colocará de preferencia en capas horizontales. En cada colado se tendrá vibrador de reserva alejándolo del sitio de colado aquel que no funcione o presente defectos.

La vibración se llevará hasta compactar el concreto sin dejar huecos visibles, provocar segregación o sangrado excesivo. La penetración del vibrador, y el tiempo de inmersión será de acuerdo a las especificaciones.

El curado en el concreto se aplica para evitar la pérdida de humedad.

El curado podrá ser con aplicación de membrana o mantener húmeda la superficie (si esta es horizontal) durante 7 días consecutivos, no siendo necesario el curado en superficies contra las cuales se aplicara relleno húmedo 24 horas después de la colocación del concreto.

Una vez retirada la cimbra se debe humedecer las superficies a curar esperando a que se seque el agua, inmediatamente después se aplica la membrana del curado.

#### **4.8. Relleno**

Fuera de casos particulares, el terreno que se utiliza para rellenar debe provenir de las excavaciones y debe ser libre de materias vegetales así como de cualquier otra materia que no provenga directamente de la excavación (madera del encofrado, bolsas de cemento, etc.)

Una vez terminado el colado de concreto y las terminaciones eventuales, el relleno deberá ser realizado lo antes posible a fin de evitar riesgos de accidentes.

El relleno será colocado por capas sucesivas (excepto en casos particulares), compactado manualmente o mecánicamente, y así obtener un compactado de acuerdo a las especificaciones, (la tierra vegetal será puesta al último nivel del suelo).

Con el fin de proteger las cimentaciones contra la erosión, especialmente en zonas de fuerte declive algunas veces es necesario estabilizar el terraplén o bien protegerlas contra las corrientes de agua.

---

Se pueden utilizar los valores de la tabla siguiente haciendo variar las medidas para llegar al resultado mínimo requerido.

MATERIAL	PROPORCIÓN UNITARIA	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
Arena fina pasada por la malla N° 16 (1.19 mm)	1.5 partes	50.0 lts.
Agua	0.9 partes	30.0 lts.
Cemento normal Aditivo expansor estabilizador de volumen	1.0	500 Kg. (un saco)

Tabla 4.2.

#### 4.10 Anclas

Las anclas de las pruebas deben ser de varillas corrugadas de un diámetro mínimo de 25.4 mm. ( $F_y = 412$  MPa). Las varillas deben tener una longitud igual o superior a 3 m. adentro de la roca. (Donde  $F_y$  = esfuerzo a la fluencia).

Durante la construcción de la cimentación permanente: la longitud de las varillas debe ser igual o mayor a los valores descritos en los planos de encofrados correspondientes y los valores utilizados para la prueba de diseño.

La instalación de las anclas se realizará como se describe:

- A. Perforar un poco más de la profundidad necesaria sin exceder el 5% de tolerancia, para la perforación de la ancla de la prueba. Llenar con agua la perforación.
- B. Colocar el mortero dentro de la perforación, utilizando una manguera para depositarla en el fondo y llenar la perforación levantando la manguera según el avance del mortero.
- C. Se tomará muestra del colado y se elaboraran 4 cilindros de pruebas para su ensaye en el laboratorio a 7 y 28 días.
- D. Inmediatamente después del vaciado del mortero se introducirá la varilla dentro de la perforación.
- E. Se calculara el volumen de la perforación y se verificara que el volumen del mortero o mezcla colocado sea igual o superior al volumen calculado.

#### NOTA:

En caso de que la perforación se quede sin rellenar durante algún tiempo, se deberá tapar con precaución el orificio a fin de proteger la perforación de la entrada de materia ya que se podría perjudicar el valor mínimo de profundidades de perforación.

Las técnicas empleadas son funciones de proyecto o del grado de riesgo. Cuando es necesario, los terraplenes y toda la superficie de los conos de arrancamiento deben ser protegidos por sistemas simples como talud, canales, muros de piedra, etc.

Se realizarán pruebas de compactación a cada torre durante el proceso de relleno o al final de este.

#### **4.9. Sitio de pruebas para pruebas de diseño de fricción de anclas**

Se realizará una prueba de ancla de fricción en roca en la zona detectada donde se utilizará este tipo de cimentación y cada vez que ésta cimentación se encuentre ubicada en lugar con tipo de roca diferente al de la(s) prueba(s) ejecutada(s).

Se realizarán pruebas de rutina para las anclas de fricción en roca, sobre una varilla de la cimentación permanente escogida al azar, o sobre una varilla adicional colocada en el lugar de la cimentación, cada 5 torres o cada vez que se juzgue pertinente.

La tensión de prueba a aplicar para la prueba de diseño esta el valor de carga de tracción indicando en los planos de encofrados para fundación en roca o sea 12 N para una profundidad de perforación de 3 m.

La tensión de prueba a aplicar para la prueba de rutina es de 65% del valor de carga de tracción indicando en los planos de encofrados para fundación en roca.

Para la prueba de la ancla de fricción, la perforación de la roca sana debe ser de 3 m. mínima, sin exceder 5% de la profundidad prevista y un diámetro de perforación no mínima a 50.8 mm.

Durante la perforación debe llevarse un registro indicando:

- Las características de los materiales perforados.
- La presencia de cavidades.
- La presencia de fisuras
- El diámetro de perforación.
- La profundidad de la perforación después de limpieza

Durante la construcción de la cimentación permanente: la profundidad y el diámetro de perforación debe ser igual o mayor a los valores descritos en los planos de encofrados correspondientes y de los valores utilizados para la prueba de diseño.

Antes de iniciar la 1ª, prueba de ancla en roca, se hará un diseño para el mortero mediante cilindros de prueba con resistencia mínima de 19.6 MPa a 228 días.

---

Se cuidara el centrado de la varilla con respecto a la perforación, utilizando guías en la varilla, no se permitirá soldar a lo largo de la varilla excepto a la extremidad de la varilla colocada en la perforación.

#### **4.11 Pruebas**

- A. Se contara con un gato de pistón hueco que debe tener una capacidad suficiente por aplicar movimientos superiores a los criterios de diseño, el gato de pistón debe tener una seguridad de 25% a 50% encima de la carga máxima de prevista para la prueba de ancla en roca.
- B. El manómetro del gato y el gato deben ser calibrados de forma conjunta. La precisión de medición del manómetro debe ser de 1% a 4% de la carga máxima de la prueba.
- C. Se utilizan dos micrómetros para medir los desplazamientos de la varilla. El rango de utilización recomendado es de 50 mm. hasta 150 mm. La resolución mínima de los micrómetros debe ser de 0.01 mm. los apoyos deben sujetarse a un sistema rígido de preferencia el cual deberá apoyarse fuera del área de influencia de la prueba es decir fuera de la zona comprendida entre las viguetas de apoyo que reacciona contra el terreno, los micrómetros y todo los aparatos de medición deben tener un certificado de calibración vigente.
- D. La viga principal y los apoyos deben tener una carga última mínima de diseño de 1.5 la carga máxima de la prueba.

La tabla 4.3 indica las exigencias mínimas para un rango de valores y nivel de carga aplicables según el tipo de prueba.

---

TIPO DE PRUEBA	CONDICION DE PRUEBA	% DE INCREMENTO DE CARGA	TIEMPO MÍNIMO DE ESPERA PARA CADA INCREMENTO
Prototipo	Carga máxima del cálculo	25	10 min.
		50	10 min.
		70	10 min.
		80	10 min.
		90	10 min.
		100	10 min.
Prototipo	Hasta rotura	0	10 min.
		25	10 min.
		50	10 min.
		70	10 min.
		80	10 min.
		90	10 min.
		100	10 min.
		110	3 min.
Rutina	85% de la carga Máxima del cálculo	120	3 min.
		+ 10...	3 min.
		50	3 min.
		75	3 min.
		90	3 min.
		100	3 min.
		0	3 min.

Tabla 4.3.

Antes de comenzar la prueba de carga, se debe hacer una pre carga de 10% del valor de la carga máxima proyectada para esta prueba, durante algunos minutos para comprobar la buena estabilidad del sistema y bajar de nuevo a 0% e iniciar los ciclos de prueba.

Se anexara el reporte de prueba las características de los micrómetros, del pistón de hueco, de la bomba hidráulica y del manómetro hidráulico.

#### 4.12. Diseño de sistemas de tierras

El sistema de tierras de una LACE, es un medio artificial necesario que sirve para la disipación de las corrientes producidas por voltajes inducidos, que son originados por la manobra de interruptores y la incidencia de las descargas atmosféricas.

Causas que originan un sistema de tierras.

En virtud de que el suelo donde se instalan las patas de una LACE, desde el punto de vista eléctrico es de resistividad; para uniformar dicha resistividad a un valor tal que no se permita la formación de un medio artificial, conocido como "sistema de tierras", cuya naturaleza se detalla en los párrafos siguientes.

#### Medición de la resistencia ohmica del suelo

Para poder determinar el sistema de tierras de cada una de las torres que conforman una LACE, es necesario conocer el valor de la resistencia del suelo del sitio de su ubicación, la cual se obtiene mediante el uso del método de los cuatro electrodos o método de Wenner.

#### IMPLEMENTACION DE LOS SISTEMAS DE TIERRAS

Dependiendo del valor medido de la resistencia en el sitio de Instalación de cada una de las estructuras que integran la línea de transmisión aérea, se implementa el procedimiento de instalación indicado a continuación.

Se instala en cada pata de la torre en forma diagonal un tramo de alambre tipo copperweld del No. 2, AWG, con longitud de 15 m. en una zanja de 0.30 m. de ancho, con las profundidades siguientes según el caso.

- a) 9.80 m en terrenos no cultivables
- b) 1.50 m. en terrenos de cultivo

Instalado totalmente el sistema de tierras, como paso siguiente del procedimiento deberá medirse la resistencia del suelo con el cable de guarda desconectado.

Si el nuevo valor de la resistencia ohmica, medido con el sistema de tierras totalmente instalado es mayor a 10 ohms. Se debe instalar en el extremo de la contraantena una varilla de copperweld con longitud de 3.00 m y diámetro de 16 mm.

Las profundidades indicadas son con respecto al nivel del suelo.

Si persiste el valor de la resistencia del terreno mayor a 10 ohms. debe optarse por la implementación de registros o pozos de tierras con el tratamiento químico. Se instalará un registro - pozo por cada pata de la estructura.

Para mayor confiabilidad y duración en la vida del sistema la unión entre el alambre copperweld y la estructura y en su caso a la varilla de copperweld, debe hacerse por medio de conectores del tipo fundido.

#### Tipos de sistemas de tierra normalizados

Dependiendo del tipo de terreno que se encuentra en el sitio de instalación de la torre, el sistema de tierras de una LACE generalmente consiste de contraantenas de alambre copperweld de No. 2 AWG, las cuales van conectadas a cada una de las cuatro patas de la torre por medio de conectores del tipo fundido y enterradas a una cierta profundidad.

Una variedad de los sistemas de tierras es la instalación de las contraantenas con varillas en un extremo, la cual generalmente se implemento cuando las contraantenas no son suficientes para abatir el valor de la resistencia del suelo a valores no mayores a los 10 ohms.

---

Otra variedad de los sistemas de tierras, es la instalación de la contraantena con varilla en un extremo o introducida en un pozo, el cual contiene un compuesto químico de sulfato de cobre con carbón vegetal (intensificador). Este sistema se implementa cuando las antenas con la varilla en un extremo no son suficientes para bajar el valor de la resistencia del suelo a valores de 10 ohms.



**1.4.10.**

## Capítulo 5

### Ensamble de torres

Se designa con el nombre de postes a los soportes de poca altura, de cuerpo vertical único; tales como los postes de madera u hormigón y algunas veces a los postes metálicos de gruesos perfiles NO ENSAMBALDOS destinados a las LACE de medio voltaje.

Torres se les llama a los soportes metálicos de ángulos ensamblados, destinados a la mayoría de la LACE de alta tensión, estas se dividen en:

Postes o torres según :

Su armado

El tipo de cimentación utilizada

Aptitud y fortaleza para resistir esfuerzos longitudinales

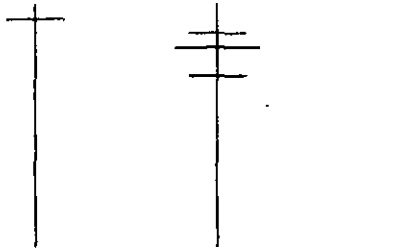
Numero de conductores

Cantidad de voltaje a conducir

#### 5.1 Clasificación de torres según su armado

Entre los tipos de armado utilizado se distinguen dos grandes tipos:

- a) Uno: en la cual los conductores se tienden en niveles distintos de arriba a abajo o escalonadamente, se les llama torres de triángulo, de bandera, de doble bandera y de doble triángulo. Este tipo de torres agrupa principalmente las torres y postes de cuerpo vertical, que permiten la utilización de un solo cable de tierra dispuesto en la parte superior de la torre, este cable permite una buena protección de la totalidad de las fases de la torre, contra rayos. Este tipo de torres presenta la ventaja de facilitar el empleo de estructuras isostáticas (torres con celosías simples), permitiendo obtener cargas iguales con menos fierro, por lo tanto la torre es más económica. El inconveniente de estas torres es el peso que llegan a sufrir los conductores cuando se les acumule escarcha, ya que estos tienden a elongar el conductor y posiblemente a tener contacto entre ellos mismos como veremos más adelante en el capítulo de tendido. El sistema de fases se emplea también en postes de hormigón, pero con bajos voltajes

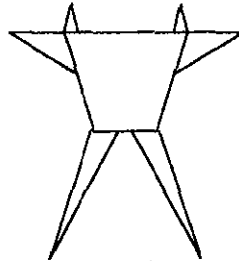


g.5.1.



- b) Otro: en la cual los conductores se disponen en un mismo nivel horizontal estas se llaman torres "cara de gato". Comprenden las torres de cuerpo único y los pórticos. Las torres de cuerpo único están provistas de una viga, en la parte superior, que reposa directamente en los extremos de la horquilla, el conjunto de la viga y sus dos patines constituye un pórtico de dos articulaciones, que reposa en apoyos formados por las puntas de las horquillas. En este caso se tiene un sistema hiperestático. En los pórticos, los montantes pueden ser verticales o ligeramente inclinados, son provistos de celosías interiores, o ser completamente independientes uno de otro, aparte de la viga horizontal que los une en su parte superior. Estas torres en "V" a diferencia del tipo de ensamble anterior, permiten en las regiones con riesgo de escarcha, evitar los acercamientos entre las fases, o entre fase y cable de tierra, debido a los desplazamientos verticales de los conductores, limitado considerablemente a los riesgos de excitación por conducción, o por rayos. Por otra parte estas torres corren riesgo de acercamiento entre fases, bajo el efecto del viento. Gracias a este diseño este tipo de torres debe resistir una fuerte concentración de esfuerzos horizontales (esfuerzos transversales y longitudinales) al nivel de la viga, lo que implica que a este nivel de la viga deben oponer una fuerte resistencia a los esfuerzos cortantes, y por lo tanto deben presentar dimensiones importantes.

El ensamble de estas torres es menos fácil que las anteriores, ya que requieren más espacio de armado y mano de obra más especializada.



*g.5.2.*

### 5.2. *Proceso de montaje*

En general las torres se expiden del patio como estructuras completas, sin daños, si las piezas llegaron a sufrir daños en el traslado al sitio, estas se regresaran al almacén y serán revisadas para decidir su posible reparación, enviándose los paquetes de piezas en una o varias expediciones, así se dirigen directamente del punto de recepción hasta su destino definitivo.

Al tratarse de grandes cantidades de abastecimiento recibidas al mismo tiempo, será necesario construir un patio de recepción en el cual se efectúe una clasificación previa y metódica de las piezas elementales según su numeración indicada en los planos de localización de fierro estructural (ángulos).

La elección del modo de realizar el levantamiento se hará en función de los medios disponibles en la obra, del peso, altura y lugar de implantación de los soportes. (Considerar los obstáculos, rutas, líneas, casas....)

Varios métodos de levantamiento pueden ser elegidos; definir la herramienta y equipo necesarios para cada método.

En función de los métodos, es necesario definir la carga máxima de levantamiento, así como los puntos de amarre.

El proceso de montaje empleado depende de las características de la torre (altura, dimensiones de la base, peso de los elementos para manipular y alzar), de las facilidades de ensamblar en el suelo (área de ensamble) así como de las posibilidades de llevar sobre el terreno dispositivos para el buen desarrollo del montaje.

Independientemente del proceso constructivo que se utilice para desarrollar esta actividad, se tendrá especial cuidado en armar y montar todos los elementos que conforman la estructura conforme a los planos de diseño y sin dañarlos durante el trabajo.

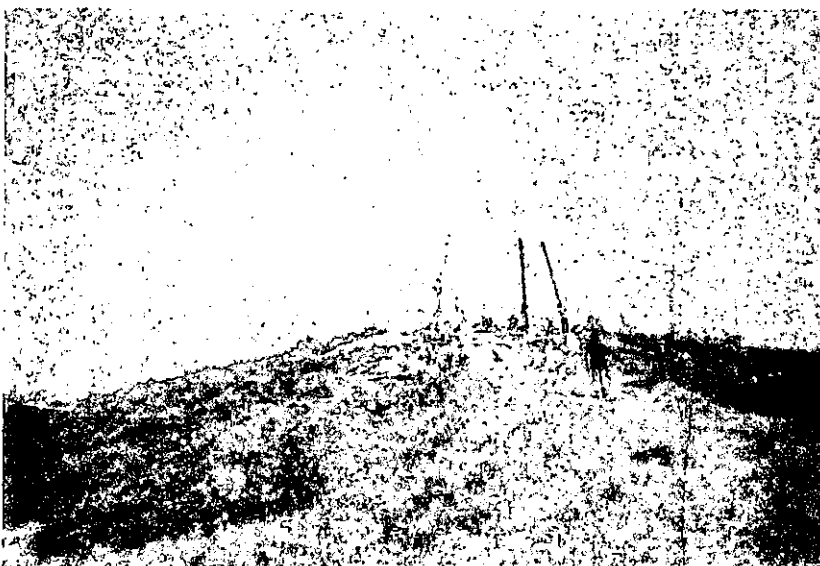
Se realizará un buen manejo de fierro estructural desde su movimiento en los almacenes de obra, hasta los sitios de su instalación en toda la trayectoria de la obra.

Para poder realizar el montaje de las torres, primero se deberán tener terminadas las siguientes actividades: en orden de operación.

- a) nivelado de los stubs
- b) concretado de zapatas y fustes (cimientos)
- c) relleno y compactado de cimentaciones

Se tendrá especial cuidado de no instalar elementos dañados durante todo el montaje.

---



f.5.11.

### **5.3 Montaje por avance**

El montaje por avance se realizará por medio de un mástil de elevación atirantado, que se desplaza progresivamente en el fuste de la torre conforme a la elevación

En este proceso constructivo se hará un montaje simultaneo de conjuntos previamente ensamblados (tramos de torres, paneles, vigas, etc.). estos conjuntos, entre dos juntas de largueros corresponden generalmente a medio elemento del fuste de la torre, completados al máximo con las piezas transversales o longitudinales a fin de formar un prisma tan rígido como sea posible.

Los conjuntos se ensamblaran en suelo, para después ser elevados uno tras otro.

Se colocaran uno o varios cables de fijación (vientos o lazos atirantados) para que sean maniobrados convenientemente, y así los paneles durante su elevación mantengan la distancia del fuste ya montado, con esto será posible guiarlos en el momento del ensamble.

Se harán todos los desplazamientos necesarios del mástil para pasar de un elemento al siguiente y así sucesivamente hasta terminar el montaje de la torre.

Para que las maniobras se agilicen, el mástil de elevación deberá exceder por lo menos un metro el punto de amarre para alzar el panel a su posición definitiva.

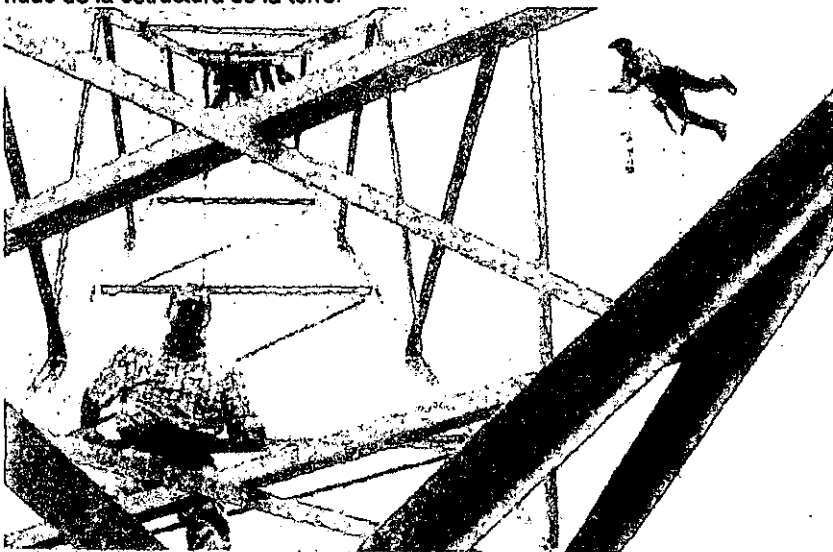
Las cargas podrán ser elevadas con un malacate, ya sea manualmente o con un vehículo que sirva para jalar.

Se utilizarán poleas de maniobra con la capacidad requerida, para reducir la tensión del cable de elevación y aminorar los movimientos de la carga.

El mástil de elevación contara en la parte superior de lo siguiente:

Un disco móvil o fijo con agujeros perforados, donde se fijaran como mínimo tres tirantes a  $120^\circ$ , la parte inferior deberá estar forrada con cámaras de neumáticos o un material similar y de esta manera evitar los daños al galvanizado de la torre.

En la parte inferior el mástil llevará varios ganchos forjados para su fijación a un nudo de la estructura de la torre.



f.5.12.

Los mástiles utilizados serán metálicos o de madera, el ángulo de inclinación del mástil con la vertical no deberá ser mayor de  $20^\circ$ , es de vital importancia que el extremo inferior del mástil constituya una verdadera articulación (fijación con ganchos o con eslingas a los nudos de la armadura), excluyéndose todo sistema que signifique un empotramiento.

Por motivo del diseño de los mástiles se deberá evitar estrictamente toda conexión directa o indirecta y cualquier apoyo intermedio del mástil en cualquiera de los elementos de la torre.

#### 5.4 Pre - armado de sub - conjuntos

Las zonas de prearmado de los conjuntos a levantar deberán estar limpias y organizadas (por ejemplo: desbrozadas, niveladas, si es necesario...)

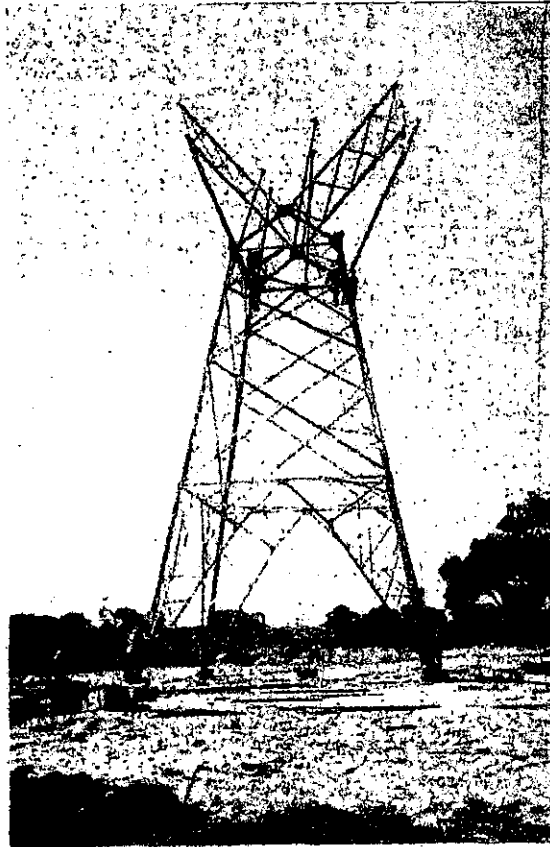
Los pernos, los ángulos y la tomillería serán distribuidos en el lugar de prearmado conforme a los planos.

Vigilar que los montantes estén alineados y que los conjuntos estén calzados en un mismo plano.

Los puntos de amarre al suelo de los tirantes deberán estar lo suficientemente alejados para reducir al máximo las sobrecargas durante las operaciones de levantamiento.

Los puntos de amarre del cable de levantamiento deberán ser elegidos de forma que el conjunto que se levante esté lo más vertical posible.

En caso de utilización de estrobos de acero es necesario proteger la galvanización en los puntos de amarre (bolsas, madera...).



f.5.13.

Al principio de la separación del conjunto, asegurarse de que todas las poleas trabajen y de que no haya riesgo de torsión de elemento de la pieza en curso de ser levantada.

Sincronizar las maniobras del malacate y de los tirantes, con el fin de evitar que el conjunto se enganche en la torre o de crear tensiones adicionales en la pluma de levantamiento.

Izar un poco más que el nivel de encajonamiento y bajar suavemente el conjunto, encajar con cuidado, y si es necesario, mantener el conjunto levantado en posición final con la ayuda de los tirantes de retenida.

La polea, que sirve para maniobrar el mástil llevará una posición de acuerdo al método de levantamiento elegido, proteger la galvanización al punto de amarre, si es necesario.

Durante toda la maniobra, cuidar la verticalidad del mástil y ver que éste no enganche en la torre. Al final de la maniobra, amarrar el mástil protegiendo los ángulos en las puntas de enganche.

Durante las operaciones de levantamiento de las piezas, asegurarse de que la suma de las cargas en los puntos de enganche no provoque deformaciones que pongan en peligro la torre.

Elegir cuidadosamente los puntos de fijación de la polea que servirá para bajar el mástil, proteger la galvanización si es necesario en los puntos de enganche.

Cuidar las patas y la cabeza del mástil para evitar que se enganche a la torre. Prever cualquier posibilidad de barrida de la pluma al entrar en contacto con el suelo.

##### *5.5. Montaje de estructuras para torres, por el método de pieza por pieza*

Es utilizado en zonas de difícil acceso (montaña, pantano) o cuando los plazos de la obra no permiten una larga duración, o puede ser elegido como método convencional.

El poste utilizado para estos trabajos es mucho más ligero y puede ser empleado con uno o varios tirantes, según la carga que se debe levantar y según el trabajo.

Las zonas de prearmado de los elementos a armar deben estar limpias y organizadas.

Los pernos y tomillería, serán distribuidos en el lugar de prearmado conforme a los planos, los elementos o piezas deben coincidir y así evitar poner en peligro a la torre.

El método consistirá en colocar a uno o varios montadores especializados con sus respectivos ayudantes de montador así como un tubo de izaje en cada uno de

---

los cuatro fustes de la torre cuando sea necesario y así asegurar el armado de elementos completos en las cuatro caras, conforme se vayan elevando las piezas.

Normalmente el levantamiento de las piezas se hará con la ayuda del personal calificado para lo que se utilizarán aparejos (poleas de maniobras) para administrar el peso de la carga.

Cuando el terreno lo permita se auxiliara el levantamiento de las piezas, utilizando un vehículo para jalar.

Los puntos de amarre al suelo de los tirantes deberán estar lo suficientemente alejados para reducir al máximo las sobrecargas durante las operaciones de montaje.

Los puntos de amarre del cable de levantamiento deberán ser elegidos de forma que la pieza que se levante este lo más verticalmente posible.

Se deberán de cuidar todos los puntos de amarre de retenida en el suelo, solicitados durante las operaciones de levantamiento.

Al principio de la elevación de la pieza, el personal se debe asegurar de que todas las poleas trabajen y de que no haya riesgo de torsión de elemento de la pieza en curso a ser levantada.



1.5.14.

izar un poco más que el nivel de encajonamiento y se bajara suavemente la pieza, ensamblar con cuidado y si es necesario mantener la pieza levantada en posición final con la ayuda de los tirantes de retenida.

Una vez instalada la torre se procederá a la revisión para que no haya tornillos flojos, así mismo el montador deberá verificar que la torre este completa con todas sus piezas y en caso de que alguna de las piezas llegara a sufrir algún defecto de galvanizado (ver punto 5.7 habilitación de estructuras metálicas en el patio por daños en el galvanizado), las piezas con deformación estructural serán cambiadas lo más pronto posible y regresadas al almacén.

#### 5.6. Verificación de horizontalidad y alineamiento

##### *Horizontalidad*

Con objeto de verificar la horizontalidad de las torres ya montadas y/o revisadas se tomaran lecturas de altura en cada una de las crucetas del conductor referido a la parte inferior de las mismas, de esta manera se encuentra la desviación en la horizontalidad, (dicha horizontalidad debe ser menos de 30 mm), realizando estas mediciones aleatoriamente cada 5 torres (de no entrar los resultados en el rango, se medirán las torres anterior y posterior), en caso de encontrarse fuera del rango, las 5 torres se rechazan, se medirán las 5 torres y las torres que resulten con resultados negativos se arreglarán.

##### *Alineamiento*

Una vez montado el bottom panel de la torre o la torre misma, se procede a colocar y nivelar el teodolito al centro de la estructura, visando en  $00^{\circ}00'00''$ , hacia delante, posteriormente se toma el centro de la placa del cerramiento, girando  $180^{\circ}$  se visa hacia atrás encontrando el centro de la placa posterior del cerramiento del bottom panel. La diferencia entre estas marcas corresponde al alineamiento de la torre.

Realizando este proceso aleatoriamente cada 5 torres (de no entrar los resultados en el rango se medirán las torres anterior y posterior, en caso de encontrarse fuera del rango las 5 torres, se estudiara el impacto de la desviación sobre la estabilidad de la torre para realizar las correcciones necesarias.

#### 5.7. Habilitación de estructuras metálicas en el patio por daños en el galvanizado

El área dañada del galvanizado, no debe ser mayor de  $1''$ , en su dimensión menor, y la suma total del área a reparar no debe ser mayor que el 0.5% de el área total de la pieza,  $0.36''$  por tonelada de peso, lo que sea menor.

Cuando las piezas han sido dobladas accidentalmente serán regresadas al taller de habilitado.

- a) Prever tener cerca de la zona en donde se va a reparar los medios de trabajo necesarios (herramientas, pintura orgánica de cinc, adelgazador, lijas, etc.)
  - b) Seleccionar las estructuras metálicas con daños al galvanizado y clasificarlas de acuerdo al tamaño del daño.
-



- c) Limpiar la superficie a reparar, esta debe quedar totalmente limpia de polvo, grasa o cualquier imperfección que pueda afectar posteriormente la reparación.
- d) Descubrir la superficie totalmente del galvanizado con disco de piedra, si no se cuenta con estos medios, cepillar o limar y terminar de pulir la superficie con lija abrasiva para metales, hasta obtener un metal brillante.
- e) Si se trata de reparar el galvanizado de la tornillería, lo primero que se debe hacer es identificar los tornillos que tienen daños en el galvanizado (los daños no deben ser mayor al 3% del área total del galvanizado), después cepillar la tornillería, con un cepillo de alambre hasta lograr un brillo uniforme, posteriormente la superficie ya preparada recubrirla con una pintura rica en cinc inorgánico, en una sola aplicación siguiendo las instrucciones del fabricante del recubrimiento a utilizar, hasta alcanzar el espesor de acuerdo a la especificación.

En caso de que el ángulo metálico este doblado accidentalmente y sea de cédula delgada es necesario utilizar dos grifas para enderezar el material, al utilizar esta grifa se debe hacer una presión hacia el lado que requieran ser corregidas, posteriormente se aplicaran los puntos a, b, c, d y e anteriormente mencionados..

Cuando es detectado que faltan algunos barrenos de los ángulos metálicos, (al comparar con los planos correspondientes), estas se seleccionan para ser transportadas al taller de reparación donde el primer paso es identificar el diámetro del barreno, después en base a los diseños ubicar perfectamente la ubicación del barreno faltante.

Posteriormente con un taladro barrenar el ángulo metálico (conforme a las especificaciones del cliente) y como último paso aplicar los puntos c, d, f, del procedimiento de reparación de galvanizado de estructuras metálicas.

En el procedimiento de montaje algunas veces los ángulos metálicos son dañados en la acción del montaje, en este caso las personas que se dedican a revisar debe regresar al taller de habilitado las piezas dañadas.

### **5.8 Vestido de torres**

Este trabajo es la preparación de un buen tendido de cables, ya que sin el es imposible pasar el cable entre torre y torre.

Las cadenas de aisladores son instaladas en un inicio para soportar las poleas donde pasara el cable conductor o el cable de guarda.

Estas cadenas deben ser montadas en el suelo, posteriormente serán izadas y fijadas a las torres.

Las cadenas deben ser izadas siempre por el segundo aislador superior, dejando una unidad para facilitar el anclaje de herrajes en la torre.

Después del montaje de la cadena, todas las contrachavetas deben tener los ojales volteados en sentido apropiado:

En las cadenas de anclaje los ojales de las contrachavetas quedan volteados hacia arriba.

---

En las cadenas de sostén, en las cadenas laterales, los ojales de las chavetas deben estar colocados hacia la torre y los de la fase central deben estar colocados hacia la derecha de quien mira el origen de la LACE. En la cadena del sostén en la ventana "V" . Los ojales de las chavetas de los aisladores deben estar colocados hacia arriba.

---

## Capítulo 6

### Tendido

El tendido se divide en 2 fases: tendido de cable conductor y tendido de cable de guarda.

Para la construcción de LACE casi siempre se utilizan cables conductores con alma de acero, esto es por razones de economía y por maniobrabilidad. El cable de guarda es formado por hilos de acero recubiertos con aluminio su nombre es alumowell, este cable es de muy buenas características, permitiendo obtener buena conducción a la tierra.

Los cables son llamados cables homogéneos, ya que se fabrican con hilos del mismo diámetro.

El aluminio utilizado en los cables de aluminio corresponde a la calidad A5/L "aluminio duro batido en frío", es un aluminio de alta conductividad de una pureza no menor del 99.5% y una resistencia mecánica comprendida 15 y 18 hectobares, (según los diámetros) con un alargamiento de ruptura del 1 al 2%.

Los cables son engrasados en su interior con una grasa neutra, con respecto al aluminio y al zinc, este engrasado tiene como objeto proteger al acero contra la oxidación, y puede extenderse a todas las capas del aluminio, no cabe duda que el engrasado mejora la flexibilidad de los cables, facilitando los desplazamientos entre el aluminio y el acero, pero este engrasado resulta muy desfavorable en el desenrollado a baja tensión; pues facilita los desplazamientos relativos de las capas de aluminio, así como las dislocaciones que de ello resultan.

En la proyección de una LACE es necesario definir las condiciones climatológicas promedio a las que se someterá la LACE, estas condiciones conciernen principalmente a la exposición particular de la LACE a ciertas intemperies como lo mencionamos anteriormente, tales como vientos especialmente violentos, y posibilidades de formación de cargas excepcionales de hielo o de escarcha en los conductores.

Estas medidas de prevención acarrear gastos suplementarios, debido a los refuerzos que se imponen.

El rango de temperaturas seleccionadas en nuestro país es de:

Temperatura máxima +45°C  
Temperatura media +15°C  
Temperatura mínima -20°C

---

Estas temperaturas tienen una tolerancia de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ , según las regiones, la altitud y la influencia del mar, cabe resaltar que estas temperaturas no son medidas al nivel del suelo, si no entre 10 y 20 m. de altura.

Elegir la temperatura media es menos precisa, lo mejor sería elegir una temperatura media estacional, ya sea temperatura media de primavera o temperatura media de invierno.

Es por esto que el cambio de temperatura de todos los días es muy importante en los climas de fuerte influencia marítima.

La temperatura en el cable es medida con termómetros de aguja, se debe extraer un hilo del conductor antes de entender y en ese espacio introducir el termómetro, es necesario esperar algunas horas antes de la medición final.

Sin intervenir el calentamiento debido al paso de la corriente, la temperatura de un cable varía con la radiación del sol y la del suelo y además con la ventilación que puede recibir, la temperatura del conductor puede variar aproximadamente  $10^{\circ}\text{C}$  en tramos diferentes comprendidos en 1 Km.



Fig. 15

Las condiciones climatológicas en nuestro país dan pie al origen de la escarcha, ya sea por la lluvia que viene a chocar con el conductor y enseguida pasa del estado líquido al sólido, otras veces se trata de neblina que empujada por el viento se aglomera en forma de cristales, muy adherentes en la superficie de los conductores.

La escarcha en los conductores origina una carga vertical que obliga a los conductores a entrar en contacto con el suelo.

La flecha de un cable bajo el efecto de una misma carga de escarcha es cuanto más grande cuanto más débil en su sección, es por esto que en épocas de escarchamiento se observan frecuentes descargas causadas por contactos entre cables de tierra y conductores.

Algunas medidas para mejorar el comportamiento de los conductores con relación al encharcamiento son las siguientes:

Reducir la tensión del tendido en los conductores  
Proyectar las torres de modo que aumente su resistencia a la torsión.

Este método consiste en tender los cables conductores y cables de guarda para darle tensión mecánica de acuerdo al cálculo inicial previsto.

El equipo para tender se compone de:

- Malacate
- Freno
- Cable pilotillo
- Cable piloto
- Y muchos otros accesorios como:
  - Poleas de tendido con líneas de neopreno o similar
  - De ser necesario unos pengolines en la línea de tendido para prevenir el torcimiento de los conductores
  - Tomas para unir y jalar los conductores
  - Conjunto de poleas de paso
  - Base devanadoras de tipo escenario (portacarretes)
  - Tensores o camelones para sujetar los cables
  - Herramientas menores

Los esfuerzos transmitidos por los conductores a las patas, se manifiestan:

1. Por el aumento considerable de las cargas verticales. El aumento de la resistencia de los brazos de habilitación, exige pequeños gastos en el caso de las torres isostáticas (habilitación en la horquilla de una doble viga o añadir pernos de más).
  2. Por esfuerzos longitudinales debidos a la tensión de los cables, para los cuales se pueden recurrir al atirantamiento (asegurar la viga con tirantes).
-

### 6.1. Operaciones de tendido:

Una sección de tendido de una longitud variable desde un tramo entre torre y torre hasta 12 Km., se tomará de acuerdo a los siguientes datos:

Longitud del conductor

Acceso al sitio

Número de poleas de tendido y herramientas disponibles

La localización del malacate y el freno necesitarán una buena vía de acceso para todo el equipo; tanto las herramientas, devanadores, conductores, etc., todo deberá estar en su sitio. La plataforma de ubicación del freno debe ser suficientemente amplia para albergar el equipo y materiales requeridos para los trabajos de tendidos de cables.

Los cruces de caminos importantes, carreteras, vías de ferrocarril, líneas telefónicas, pequeñas líneas de distribución, etc. cuando sea necesario deberán protegerse con obras falsas hechas de postes verticales y transversales o métodos similares.

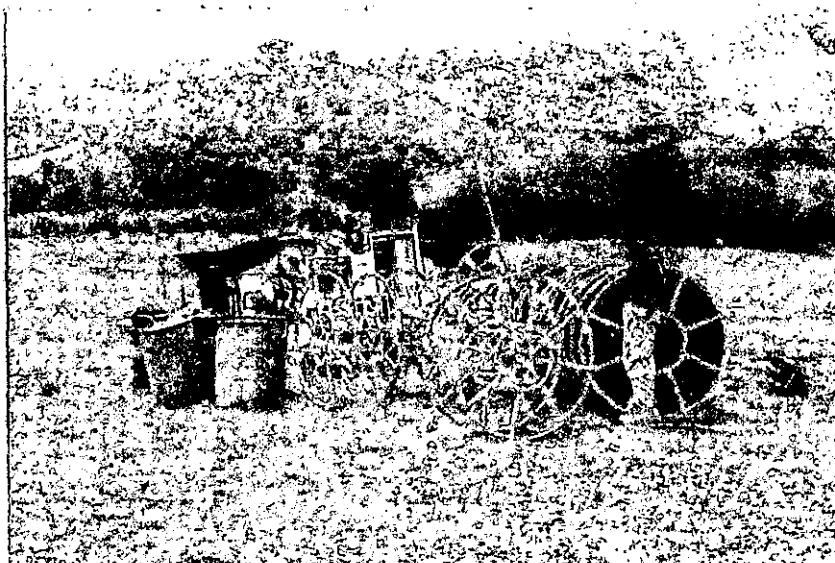
Se colocaran los accesorios, aisladores, poleas de paso, teniendo una cuerda de polipropileno en cada bloque, esta cuerda se instalara antes del tendido de la línea piloto (especialmente en zonas de arbustos frutales, mayores a 2m de altura).

La función mecánica de los aisladores es de sujetar mecánicamente los conductores a las torres que los soportan, asegurando el aislamiento eléctrico entre estos. Además deben facilitar todo trabajo que pudiera efectuarse en la LACE aun mantenida en tensión eléctrica, sin perjudicar la recepción de las señales electromagnéticas, como radio, televisión, etc., ni la estática en lo posible.

Los aisladores están contruidos de cerámica y/o vidrio, la primera es la más barata del mercado, la segunda permite obtener piezas de una gran resistencia mecánica, cuya integridad mecánica se hace visible en las LACE solo por la presencia de los faldones aisladores, de esta manera incrementando la seguridad de alguna explosión.

Los accesorios son constituidos por las cadenas de aisladores, el material de suspensión y de anclaje de cable de tierra, el material de empalme y terminal de los conductores y del cable de tierra.

---



**f. 6. 16.**

En si estos accesorios sirven para la conexión, soporte o suspensión del cable conductor, a continuación se enuncian algunos de estos accesorios:

Horquillas, grilletes, yugos, clemas de suspensión, anillos equipotenciales, eslabones, conectores y empalmes a compresión.

Cuando sea posible o necesario las poleas de paso y accesorios se instalarán durante la erección de la torre.

Para las torres de reflexión o remate en tangente se engancharan las poleas de paso directamente a los brazos armados por medio apropiados, (gasas de acero, estrobo y grilletes), además se protegerán los ángulos con maderas para no dañar el galvanizado.

La línea piloto consiste en una cuerda de acero especial o similar, esta cuerda no es rotatoria esta formada con cordones trenzados, puede jalarsse manualmente o también varias líneas piloto pueden ser recuperadas por un vehículo 4X4, equipado con o sin malacate o similar.

En cada torre, la línea piloto es pasada por las guías de las poleas de acuerdo a la longitud de la sección, muchos tramos de la línea piloto pueden ser usados y unidos con conectores especiales.

Es necesaria una línea piloto para jalar los conductores de cada fase.

La línea de piloto es tensada para apartarse del suelo en toda la sección, en caso contrario se analizara la situación.

## 6.2. Tendido de conductores

Cada sección de LACE debe estar bien estudiada antes de tenderse de acuerdo a lo siguiente:

Ubicación del freno y malacate

Tensión en la cual los conductores deben ser jalados para mantenerlos libres del suelo sin aplicar mucha tensión al piloto.

Ubicación de andamios de cruce

Ubicación esperada de las uniones después del tendido de los conductores

El tendido se hará jalando todos los subconductores a la vez, excepto para tramo especial según el equipo disponible.

Posteriormente el piloto es arrastrado por el malacate y luego reinstalado en un portacarrete por un devanador o manualmente.



18181.jpg

1.6.17.

Cuando se efectúe la tensión del tendido, el conductor debe estar lejos del piso, previniendo la acción de frenado, el piloto debe ser jalado hasta que los conductores tomen su lugar en las fases correspondientes.

El transporte de bobinas se realizara en vehículos con plataforma de capacidad adaptable a la zona de trabajo, cuando se labore en zonas con accesos que presenten dificultad, se podrá implementar el acarreo con tractores agrícolas o similares con remolques.



La elección de bobinas es originada a causa de un programa previo programa de tendido y serán colocadas en portacarretes devanadores especiales y pasado el conductor a los tambores del freno con una tensión prevista entre el portacarrete y la máquina, al terminar de soldar las 3 bobinas, las siguientes se conectarán por medio de tensores tipo calcetín que pasaran por una máquina frenadora y una vez a su salida se retiraran y realizaran los empalmes correspondientes cubriéndolos con los protectores "pasa-emplames" previstos para estas operaciones y así sucesivamente hasta concluir el jalón, en casos especiales o en caso de necesidad se pueden jalar los conductores con unión de calcetines.

La comunicación es indispensable durante el tendido entre el freno y el malacate la gente debe estar atenta en esa sección del tendido por si llega a surgir cualquier dificultad, así como en puntos intermedios estratégicos.

### *6.3. Efectos posteriores al mal trato del conductor*

Cuando se somete un conductor a una tensión eléctrica creciente, el campo eléctrico de la superficie también crece, de esta manera llega a sobrepasar cierto valor que corresponde al campo disruptivo del aire, a partir de este momento se producen formaciones de efluvios azulados y penachos luminosos, visibles en la noche, se produce una ionización en el aire con pérdidas de energía que crecen con la tensión eléctrica.

Se ha comprobado en una LACE, que el efecto corona se manifiesta en tensiones físicas frecuentemente inferiores a la tensión crítica, en este caso se trata de efluvios localizados en las irregularidades más salientes del cable, o de sus accesorios, cadenas o aisladores. Estos efluvios no son nada sistemáticos y corresponden a la aparición de las primeras pérdidas de energía.

Cuando la tensión crece, aparecen otros efluvios en el sitio de las asperezas más débiles es por eso que se debe tener mucho cuidado en que el cable no toque en ningún momento el suelo al momento de tenderse.

Anexando a estas pérdidas, se ha analizado que el mal clima (neblina, lluvia, nieve y/o escarcha) la tensión crítica se puede reducir a 1/3 de la tensión crítica calculada en un conductor seco.

Por lo que sea, si las pérdidas y perturbaciones por efecto de corona, puede ser objeto de previsiones validas, para condiciones atmosféricas determinadas, no deja de ser delicada la predeterminación de pérdidas anuales, dada la función preponderante que tienen los diversos parámetros, cuyo carácter aleatorio no es discutible.

El fenómeno de vibración de los conductores, es una propiedad muy conocida. La frecuencia de las vibraciones, es principalmente función de la masa lineica del cable, de su tensión y de la luz entre apoyos.

En las vibraciones cuya longitud de onda es la más frecuente se agregan cantidades de armónicas de orden superior, de tal modo que el conductor es

---

recorrido continuamente por diversos trenes de ondas, que se superponen e interfieren entre ellas, solo ciertas vibraciones son peligrosas.

Muy frecuentemente, la aparición de vibraciones importantes, visibles a simple vista, coincide con las variaciones de tensión mecánica, de origen térmico del conductor, que se producen una o dos horas después de salir o de ponerse el sol.

La vibración puede o no, ser mantenida por una ligera brisa transversal.

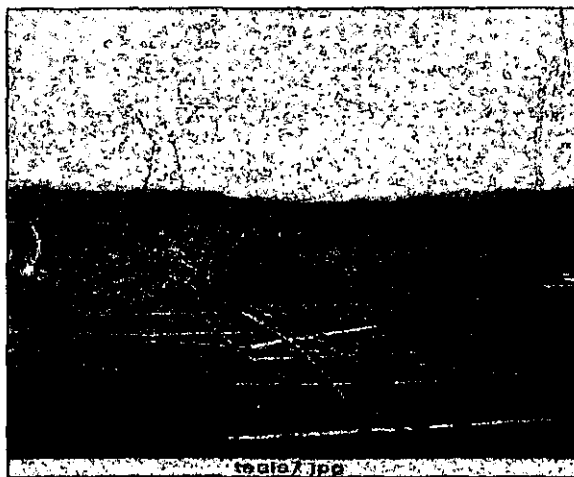
La propagación de vibraciones es estorbada por la presencia de bosques, de cortinas de árboles, que protegen localmente a los conductores contra el efecto del viento. Al contrario un viento transversal soplando regularmente favorece esta propagación. Esta propagación es más frecuente en las regiones de planicies, donde los tramos son muy semejantes. Es más rara en las regiones de montaña, sea por que interviene el efecto protector de obstáculos contra ciertos vientos, quizá sea por la presencia de torbellinos o simplemente las diferencias totales de tensión, entre el punto bajo de la flecha del conductor y sus puntos de suspensión.

En general, el viento que sopla en una tempestad, actúa por ráfagas localizadas en el espacio, estos vientos raramente son causa de vibraciones importantes, más bien tiende a amortiguarlas, debido a su irregularidad.

La oscilación de los conductores como su nombre lo indica se trata de vibraciones de débil frecuencia pero de gran amplitud, con depresiones que pueden alcanzar varios metros, con relación a la posición media del conductor.

Las explicaciones intentadas para justificar esta oscilación de los conductores (irregularmente de superficie de los conductores, deposito disimétrico del hielo).

7.6.18.



ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Por la cuestión mencionada anteriormente es muy difícil impedir la vibración del los cables, por lo menos tratar de suprimir los efectos peligrosos de las vibraciones. Lo que se trata de hacer es empotrar los conductores en bloques lo más ligero posible con un mínimo de longitud y rigidez, llamados "amortiguadores - separadores", estos a la vez de amortiguar las vibraciones del conductor, sirven para separar los cables entre si y de esa manera evitar que se altera la conductividad por conductor. Los amortiguadores - separadores están constituidos por 2 masas en cada extremo de una varilla flexible, esta varilla formada generalmente por un trozo de cable de acero galvanizado es ensamblada con un toque de fijación dispuesto en el cable, lógicamente el periodo de vibración de las masas es diferente al del cable, de allí la amortiguación de las vibraciones del conductor.

#### 6.4. *Tensado, flechado y sujeción de conductores*

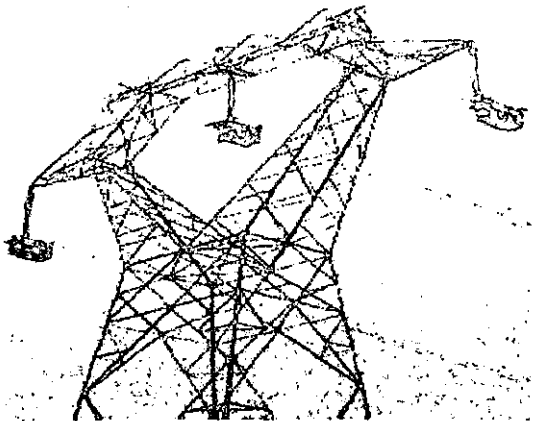
Después del tendido, el conductor debe ser tensionado en la fecha correcta en cada sección de tensión.

Las flechas son medidas con un transitó, teodolito o un nivel o similar auxiliándose con una marca que sirva como señal tangente a la catenaria paralela a los puntos de unión de los conductores o calculando un ángulo de señal a un punto predeterminado del perfil.

El cambio de poleas a sujetadores definitivos (enclenado) se hará con levantadores mecánicos (montacargas) y cuidando de no dañar los conductores.

Cuando la sección entre las torres de tensión es demasiada larga y se requiere seccionar el tendido y tensionado de conductores se aseguran los extremos de los conductores de cada sección provisionalmente a bloques de concreto a puntillas de acero clavados en el suelo.

Este equipo se retirará cuando se instalen las uniones y se fleché el siguiente tramo.



1.6.18

#### **6.5. Flechado y puesta a tierra de conductores y equipo de tendido**

Cuando se termine de tensionar y flechar los conductores es necesario dejarlos reposar, 2 horas para proceder a la instalación de los sujetadores, separadores y puentes.

Para tender los conductores se utilizara equipo que garantice una tensión controlada, cuando la sección por tender esté paralela o cruce Líneas de Transmisión de Alto Voltaje energizada se deberá dejar dos torres en poleas con aditamentos especiales de puesta a tierra de preferencia en las primeras y últimas torres de la sección por tender, también las máquinas deberán estar aterrizadas antes de iniciar a tender.

Los cables conductores deben estar a tierra antes de insertar los sujetadores (enclamar) con arreglos de cable conductor a torre ya sea en conjunto (los tres cables conductores) o individual (cable por cable).

Para cruzar las líneas de alto voltaje se debe aplicar un método especial al plan original de tendido, además la línea debe estar desenergizada durante todos los trabajos propios del tendido y tensionado de cables conductor y de guarda de acuerdo a los lineamientos de seguridad.

#### **6.6. Empalmes y clemas de tensión**

La instalación de estos materiales (empalmes y clemas de tensión) deberá hacerse para cualquier caso, ya sea unir cable con cable o remate a torre tomando en cuenta las especificaciones y recomendaciones del fabricante, cuando sea necesario en zonas de grandes desniveles se preparara un esquema con cálculo de flechas a diferentes temperaturas y cálculos de posición de las clemas de suspensión en torres. deben incluirse para cada caso de la sección de la LACE considerada en el plan de tendido. Los empalmes de cable conductor no deben quedar ubicados a menos de 25 m. de las clemas de suspensión o de tensión.

Se evitara instalar empalmes en los cruces y de esta manera evitar poner en peligro el tránsito de estos cruces.

Se verificaran los libramientos a tierra antes de enclamar o sujetar en forma definitiva los conductores.

#### **6.7. Inspección y pruebas finales**

Con la ayuda de un grupo de trabajadores se hace una revisión y corrección (si es necesario) a la LACE, los puntos por verificar son los siguientes:

- verificar visualmente que no existan arboles que pongan en peligro a la LACE.
  - verificar visualmente el relleno de cada cimentación
  - verificar visualmente si no hay erosión o riesgo de erosión de suelo, que ponga en peligro las cimentaciones que pudieran perjudicar la estabilidad de la torre.
  - verificar visualmente que el montaje este de acuerdo a los planos respectivos para cada tipo de torre.
  - verificar visualmente que las cadenas de aisladores están completas y limpias
-

- en el conjunto de herrajes: verificar visualmente que estos estén completos y limpios.
- verificar visualmente que los aisladores estén limpios
- verificar el torque de apriete (tabla 6.1) para las torres de la siguiente forma:

Tabla 6.1

Tornillo de 1/2"			
Nivel de torre	Número de muestras	Número de muestras para rechazo de torque de torres (menor al mínimo)	Número de muestras para rechazo de torque de torre (mayor al máximo)
- 5	60	3 ó más	12 ó más
0	70	4 ó más	14 ó más
+ 5	80	4 ó más	16 ó más
+ 10	90	5 ó más	18 ó más
+ 15	100	5 ó más	20 ó más
Tornillo de 3/4"			
Nivel de torre	Número de muestras	Número de muestras para rechazo de torque de torres (menor al mínimo)	Número de muestras para rechazo de torque de torre (mayor al máximo)
- 5	20	1 ó más	4 ó más
0	25	1 ó más	5 ó más
+ 5	30	2 ó más	6 ó más
+ 10	35	2 ó más	7 ó más
+ 15	40	2 ó más	8 ó más

- durante la revisión de torres se procederá a instalar las contratueras en los puntos que indiquen los planos de montaje para cada torre
- verificar visualmente que estén instalados los puentes eléctricos conforme a lo indicado en los planos de montaje, que los herrajes y aisladores de cadenas que sostienen estos puentes estén completos y además que estén instalados los separadores, se tendrá especial cuidado en no dejar ninguna tierra provisional que se haya utilizado durante los trabajos de construcción en caso de ser necesarios se anotara evidencia de esto y abrir un registro de puesta a tierra provisional durante esta verificación se tomaran medidas de las distancias eléctricas en los puentes del centro NOTA: en las distancias eléctricas de la cadena central "V", solamente se medirán en cada cambio de tipo de torre y/o cambio de tipo de cadena.
- verificar visualmente que los conductores no hayan sido dañados durante el tendido.
- verificar visualmente la instalación de los separadores en el cable conductor, que su distribución en los claros entre torres estén de acuerdo al diseño, de no estar instalados el número correcto de separadores, se procederá a su instalación lo más pronto posible, así mismo se verificara en cada claro entre torres que en los cables conductores y de guarda no existan objetos extraños a la LACE.

- verificar visualmente la instalación de los amortiguadores en el cable de guarda
- durante la revisión final de torres se procederá a instalar las placas de peligro y de numeración aérea de acuerdo a lo indicado en los planos de diseño, teniendo cuidado de no dañarlas durante el transporte y el momento de su instalación.
- verificar las distancias eléctricas.

Después y durante esta revisión a detalle, esta misma cuadrilla tratara de reparar los daños o anomalías (si existieran), en caso de no ser posible las anomalías detectadas se registrarán.

Verificar el torque de las clemas, separadores del cable conductor y amortiguadores del cable de guarda, así mismo los puentes eléctricos con la *tabla 6.2* esta verificación será aleatoriamente cada 5 torres, para el caso de los separadores de cable conductor, uno de cada fase cada 5 claros.

NOTA: Esta verificación será realizada utilizando un torquimetro de carátula.

**Tabla 6.2**

TIPO DE PIEZA	MODELO	DIAM. DE TORNILLO	TORQUE TEÓRICO
Clema de puesta a tierra	2412T-1	10 mm.	25.5 Nm
Grapa de suspensión p/H.G.	4d 229	9.6 mm.	25.5 Nm
Grapa de suspensión p/ASCR	AE 1D 30-36 BM	11.5 mm.	50 Nm
Grapa de suspensión p/ASCR	AE 1D 45-50 BM	11.5 mm.	50 Nm
Clema de puesta a tierra	BB 2412-t	10 mm.	25.5 Nm
Terminal de derivación	CDAXK BLUEJAY	18 MM.	150 Nm
Espaciador	EN 34-2x450	12 MM.	70 Nm
Espaciador	EN 34-2x450	12 mm.	70 Nm
Separador semi - rígido	ENJ 33-3x450	10 mm.	40 Nm

- Verificar visualmente la transposición de las fases
- verificar por medio de pruebas y cálculos la conductividad de la energía.

## **Capítulo 7**

### **Seguridad en la obra**

El principal objetivo de este capítulo es estandarizar, armonizar, sintetizar y clarificar al máximo las reglas de seguridad proyectadas a:

Proteger en primera instancia a las personas y a las instalaciones

Difundir en varios sitios de trabajo e inmediatamente a todo el personal

Hablar sobre el contexto y ordenar la seguridad inmediatamente en sitio, verificar que todo el personal involucrado haya captado a la perfección este contexto de seguridad, se trata de que estos asuntos sean ilustrados en lo posible:

Las medidas de seguridad a respetar a consecuencia de las operaciones efectuadas.

El significado de seguridad debe difundirse antes de empezar cada una de las etapas del proyecto.

Prevención en los riesgos de trabajo, en cualquier momento, en cada área de trabajo.

Los supervisores y encargados deben llevar a cabo el control de:

equipo individual del trabajador

herramientas y materiales

material para trabajos en las alturas

vehículos de trabajo

tractores y remolques

señalización para las actividades en obra

prevención en el almacén

prevención en las cimentaciones

prevención en la parte alta de la torre

prevención en la colocación de los accesorios

prevención en el tendido de cables

conducta a adquirir en caso de accidentes

prevención de riesgos de origen eléctrico

Reducir los trabajos riesgosos a causa de las condiciones ambientales

Por lo tanto cada persona en sitio deberá:

Detectar cualquier riesgo potencial en las áreas de trabajo

Después informar a su superior jerárquico, que debe tomar en cuenta las medidas de seguridad y remover a cualquier persona que viole las reglas repetidamente.

Trabajo respetando las reglas de seguridad.

En cada sitio el supervisor deberá:

Estar permanentemente en conexión con el encargado de seguridad

Llevar a cabo todos los días inspecciones como:

Verificar áreas y situaciones inseguras antes de empezar el trabajo,

Tomar en cuenta todas las precauciones necesarias y en particular especial atención en:

una inadecuada transmisión de ordenes,  
falta de protección  
utilizar equipo inadecuado para cargar (herramientas, aparatos)  
alumbrado insuficiente en horas nocturnas,  
áreas con alto potencial de riesgo.

Determinar las acciones apropiadas para eliminar todo riesgo de accidentes  
Destruir herramientas y aparatos descompuestos que no estén conforme a su  
utilización.

#### **7.1 Operaciones elementales**

La señalización en los almacenes es una parte muy importante en la obra ya que los trabajadores corren riesgos serios.

El responsable de seguridad tiene la responsabilidad de señalar claramente esos peligros, respetando las reglas definidas en el Manual de Seguridad.

El personal debe demostrar un mínimo de disciplina:

Colocar y respetar señalizaciones

Nunca intervenir fuera de los límites definidos por la señalización.

Después de terminar los trabajos recoger todas las señalizaciones

El transporte de cargas manuales:

Cada día los trabajadores deben manipular materiales, herramientas en condiciones difíciles por la naturaleza de los sitios donde son construidas las LACE, esos trabajos pueden generar lesiones de músculos de articulaciones y sobre todo daños a la columna vertebral.

Una gran parte de esos accidentes pueden evitarse aplicando los principios simples de seguridad física y de economía de movimientos y esfuerzos.

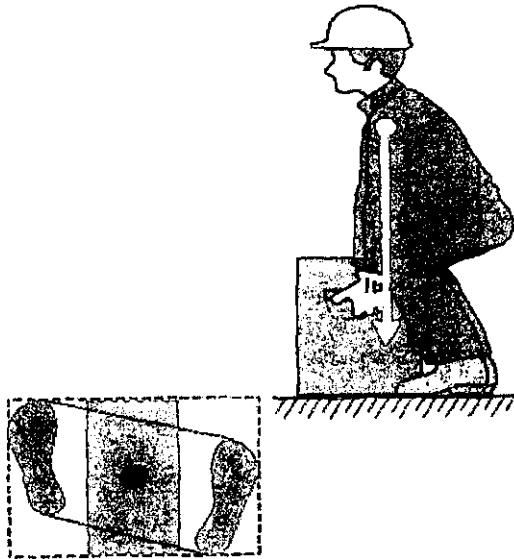
Los principios son los siguientes:

- Aproximarse a la carga:
- El centro de gravedad del hombre debe estar lo más cerca posible de la carga, se debe ubicar arriba de la carga.
- Buscar el equilibrio de la persona que lleva la carga depende de la posición de sus pies, estos tienen que distribuir la carga.
- No mover la columna vertebral, para esto es necesario:
  - Encoger los hombros
  - Enderezar la espalda
  - Bajar la cabeza despacio
- Utilizar la fuerza de las piernas ya que son los más potentes del cuerpo humano
- Para levantar una carga:
- Doblar las piernas, para conservar ángulo abierto



- Hacer trabajar los brazos en carga simple (estirados) deben servir para mantener la carga y no para elevarla
- Utilizar el peso del cuerpo para manipular, permite reducir el peso considerablemente.
- Orientar debidamente los pies
- Cuando una carga este elevada orientar los pies en el sentido que se efectuara la caminata
- Asegurarse de sujetar bien los materiales
- Para manipular objetos pesados o estorbosos debemos utilizar la palma de la mano y la base de los dedos.
- Para favorecer una buena toma de los materiales se deben poner los objetos sobre tarimas igual para las cargas pesadas para evitar que los pies sean aplastados.
- SE NECESITA QUE LOS EMPLEADOS HAYAN SIDO INFORMADOS SOBRE LOS RIESGOS QUE PUEDEN PADECER Y QUE HAYAN PARTICIPADO EN UNA CAPACITACIÓN ADECUADA SOBRE ESTE ASUNTO.

1.7.20.



### 7.2. Equipo individual del trabajador

- Las cargas y descargas de los materiales, la manipulación de estructuras metálicas y las bobinas pueden originar aplastamiento de pies, es necesario utilizar zapatos con protección rígida al frente.
- Las caídas de objetos desde la creación de los soportes son frecuentes por lo que los choques con la cabeza son frecuentes por movimientos y desplazamientos de las estructuras, es necesario utilizar casco de seguridad.
- En los trabajos de corte de (ángulos) estructuras metálicas y de tubos, los riesgos de proyección de partículas sólidas son terribles tal como los de metal en

fusión durante las operaciones ejecutadas por medio de un soldador es necesario utilizar lentes protectores.

- La ejecución de algunas operaciones requiere de protección de las manos, de la cabeza de los pies y de la cara.
- Para protegerse de estos riesgos el montador debe poseer y utilizar: un casco, un par de guantes, zapatos industriales y gafas (si es necesario), por otro lado si debe intervenir en la elevación, utilizar un equipo individual de trabajo y de protección contra caídas de altura.

- *Cascos de protección*

Teniendo en cuenta la importancia y la constante frecuencia de riesgos que afronta esta especialidad, el colocarse el casco es obligatorio a utilizar en esta obra.

La protección interna del casco está destinado a posesionar y mantener el casco sobre la cabeza y además a absorber los choques.

**POR ESTO EL CASCO DEBE ESTAR SIEMPRE FIJO A LA CABEZA**

Para conservar sus utilidades

Debe estar almacenado en la oscuridad y en lo posible nunca colocarlo en contacto directo con el sol por que puede sufrir deformaciones.



1.7.21.

- *Botas:*

Es obligatorio colocarse las botas de seguridad en la obra para evitar alguno de los siguientes riesgos:

Que alguna estructura caiga sobre los pies y estos sean aplastados.

Con estas botas de seguridad también se evitaran cortadas en las plantas de los pies con varillas o con ángulos metálicos que tengan filo.

Las botas de seguridad serán de piel o de hule (según la actividad).

---

- **Guantes:**

Es obligatorio colocarse los guantes de seguridad en la obra (según actividad) para evitar riesgos como: picaduras, cortadas, choques estáticos y quemaduras.

También son obligatorios al efectuar las maniobras en los medios eléctricos para verificar la ausencia de tensión, y/o para colocar la puesta a tierra y/o en corto circuito.

Equiparse de guantes que presenten cualidades de aislamiento eléctrico apropiados a las tensiones presentes.

- **Gafas:**

Es obligatorio colocarse las gafas de seguridad con protecciones laterales en la obra (según la actividad) para evitar riesgos como: proyección de objetos materiales o de pequeñas partículas. En caso de hacer soldaduras los espejos deben tener filtros que eviten hacer daños a los ojos.

- **Cinturones anticaídas:**

Cualquiera que sea el tipo de torre cada montador debe vestirse con un equipo constituido por cinturones anti caídas, este cinturón debe estar equipado con fajas. Ningún montador utilizando este equipo debe trabajar solo, siempre acompañado, inmediatamente después de insertar el gancho del cinturón debe verificar si fue bien sujetado al cable o a la torre.

Cuando se deslice o cambie de posición su seguridad debe ser asegurada por el dispositivo antiácidas.

**A CADA INSTANTE EL MONTADOR DEBE ESTAR SUJETADO A LA TORRE POR MEDIO DE UN CINTURON.**

Siempre deben estar anclados en algunos puntos de seguridad estratégicos con un enganche especial.

**VERIFICAR SIEMPRE:**

El estado de las de las correas, de los cinturones y las costuras **NOTA:** Cada vez que sea necesario el hecho de llevar protecciones individuales y/o colectivas debe ser un comportamiento seguro y responsable.

Teniendo en cuenta la naturaleza de los trabajos que se deben realizar y de los riesgos de electrocución, de cortadas o de caídas, durante al realización de la obra, prever y aprovisionar los materiales denominados de seguridad.

### **7.3 Herramientas**

Las herramientas de mano, solo deben utilizarse para el fin que fueron hechas, esta estrictamente prohibido utilizarlas para otro fin.

Los martillos, mazos y hachas deben tener siempre un mango de madera u otro material con la extremidad aplastada y de esta forma evite que las herramientas salgan proyectadas y así evitar golpes.

---

Para evitar que las llaves de apriete se rompan solo se deben utilizar con medidas adecuadas, nunca utilizar extensiones inadecuadas ni aplicar choques sobre la llave, para apretar o aflojar los tornillos o clavos es mejor jalarlos, si la llave debe ser empujada, hacerlo con la palma de la mano para evitar las heridas en las articulaciones de los dedos.

Para cortar cables o alambres proceder con la ayuda una pinza cortante y hacerlo perpendicularmente al cable sin hacer torsiones:

#### **7.4 Material para trabajos en las alturas**

##### **Escaleras**

Las escaleras deben reunir ciertos requisitos básicos: no debe haber variaciones en la amplitud de los peldaños o en la altura de estos en ninguna de las escaleras.

Sujetar bien las manos y colocar bien los pies, así evitar que la escalera se deslice y se tambalee.

Verificar que las patas de la escalera tenga antiderrapantes o cuñas que puedan evitar accidentes, inclinar la escalera correctamente, siempre subir o bajar frente a la escalera.

Todas las escaleras deben ser inspeccionadas antes y después de usarlas y si se observa alguna deficiencia corregirla inmediatamente.

Si alguna escalera esta rota, mala o con anillos rotos debe ser destruida y nunca mas usada.

#### **7.5 Vehículos de trabajo**

Todos los conductores de vehículos en obra deben tener su licencia de conducir, esta licencia debe estar en vigencia y de acorde al tipo de vehículo que se conduce.

Si los vehículos son de carga se debe atar el material o los ángulos con las que se va a trabajar perfectamente al vehículo, para evitar accidentes.

Una barrera debe separar la cabina del conductor de la cabina del material de transporte.

Si se transportaran postes o estructuras de grandes longitudes es conveniente que las dimensiones de estas estructuras no rebasen la plataforma del vehículo y si llegara a suceder esto, verificar que las estructuras que exceden en dimensiones a la plataforma del vehículo, no excedan de la tercera parte de su dimensión total, es necesario verificar que ninguna estructura pueda ser dañada al arrastrarse o caer al suelo.

La estabilidad del vehículo o máquina depende en gran parte del peso y de la forma de estibar la carga, las herramientas o el equipo. Las estabilidad también

---

depende del tipo de rueda, su presión y el estado de desgaste en que se encuentran.

Los conductores deben entender y aplicar las bases de los siguientes principios:

En terrenos particularmente difíciles siempre debe conocer o reconocer (ya que los caminos cambian debido a las condiciones meteorológicas) los terrenos a desarrollar antes de avanzar.

Desde que el conductor se sube hasta que se baja del vehículo siempre se debe asegurar de que el vehículo este bien agarrado al suelo.

Cuando se encuentren zanjas es mejor que sean rodeadas y así evitar que los vehículos o máquinas se atasquen.

Recordar que las ruedas delanteras son las que llevan el control del movimiento y de la dirección de tal forma que el volante debe estar bien sujetado por las manos para que cuando existan problemas de estabilidad se eviten las volcaduras.

#### *7.6 Tractores y remolques*

La mayoría de los tractores utilizados en la obra son de tipo agrícola, estos vehículos son generalmente de un solo asiento, así que esta estrictamente prohibido llevar pasajeros consigo a reserva que el tractor sea especial y tenga asientos extras.

Se debe arrancar el tractor lentamente y en pendientes grandes.

Los accidentes generados a causa de la conducción de los vehículos de trabajo en todo terreno normalmente son muy sencillos de voltear.

La estabilidad depende del cargamento y de la pendiente, además de los neumáticos.

#### *7.7. Prevención en el almacén*

Es obligatorio respetar las señalizaciones mostradas en el almacén.

Por consideraciones generales en relación con el almacenamiento de materiales es necesario escoger un lugar que no ofrezca riesgos al personal; cuando se proyecten algunas partes, evitar la posibilidad de bloquear temporalmente las salidas, facilitar el acceso al equipo para manejo del material; evitar otras dificultades asociadas en el área de almacenamiento. El material almacenado deberá estar apilado, colocado en cuñas, atado, empaquetado, puesto en estante, calzado y bloqueado de manera que no pueda caer o deslizarse.

#### *7.8. Prevención en las cimentaciones*

El fondo de una excavación es de dimensiones justas y suficientes para alojar el colado de cemento de la cimentación. Para proteger el colado y las personas en zonas de riesgo de derrumbe es obligatorio colocar paredes verticales de madera, u otro tipo de protección aprobado para el responsable de seguridad en la obra.

---

Cuando las excavaciones se encuentren abiertas y no se este laborando en ellas es obligatorio cercarlas con alambre de púas o con madera como se ve en la fotografía para evitar que las personas o animales puedan caer al fondo de la excavación.

Antes de que los trabajadores desciendan al fondo de la excavación para terminar los recortes finales VERIFICAR QUE NO CAIGAN LAS PIEDRAS AL FONDO DE LA EXCAVACIÓN PARA EVITAR QUE LOS TRABAJADORES SEAN GOLPEADOS CON DERRUMBES.

Cual sea la excavación evitar que las máquinas que trabajan en, o alrededor de la excavación comprometan la estabilidad del terreno por los movimientos que las máquinas originan.

#### *7.9. Prevención en la parte alta de la torre*

Esta operación consiste en ensamblar sobre conjuntos en el suelo que después serán levantados y fijados, para edificar la torre, los sobre conjuntos pueden estar constituidos: por patas separadas por panel o por troncos completos.

Para evitar riesgos se debe montar los sobreconjuntos sobre polines de madera Las barras de metal articuladas con un solo tornillo que están en espera de ensamblaje deben estar fijadas sobre un segundo punto, si es necesario.

Para evitar las caídas durante el ensamble, los trabajadores que trabajan arriba de 3m del suelo tienen que cubrirse de un equipo de protección especial (cinturón de seguridad).

Levantamiento por pluma flotante.

Ensamble de la pluma al suelo tiene que hacerse de manera que sus patas estén ubicadas en el lugar en donde estarán después del levantamiento, después del ensamble la pluma debe estar derecha y el anclaje de la patas perfectamente establecido con cuerdas fijadas al suelo. La colocación de las sogas sobre la cuerda consta de tres elementos:

La soga trasera que soporta el esfuerzo retenido, la contrasoga que se opone al balanceo de la pluma por atrás, las sogas laterales que aseguran la estabilidad lateral del dispositivo.

Cada dispositivo de atirantamiento se caracteriza por el número de las sogas: 1 o 2 por el atirantamiento trasero, 1 o 2 por el contratirantamiento, 1 o 2 de cada lado para el atirantamiento lateral.

Las características de los cables utilizados y la distancia de las sogas son longitudes en función de la altura de la pluma flotante, la inclinación de las sogas debe formar un ángulo con la vertical de más de 45° cuando esa condición no puede ser respetada aumentar el diámetro de las sogas o aumentar el número de las sogas.

---

La soga trasera toma todo el esfuerzo de retenido por lo que tiene que estar particularmente vigilada, la contrasoga normalmente sufre solo un pequeño esfuerzo pero sirve a causa de una mala manipulación o ruptura de la soga lateral, tiene que estar tendido moderadamente de manera que las sogas traseras no sufran esfuerzos inútiles, las sogas laterales tienen que estar atadas correctamente.

Las sogas deben estar bien atadas a puntos fijos y adecuadamente resistentes. La elección de los dispositivos y su ubicación tiene que estar determinada en función de los esfuerzos de la naturaleza y del relieve del terreno durante las operaciones controlar, vigilar siempre los anclajes.

El levantamiento de la pluma puede hacerse de diferentes maneras grúas, pluma auxiliar, etc.

Cuando la pluma es auxiliar esta debe medir a lo menos la mitad de la pluma principal. El levantamiento de la pluma principal se hace al mismo tiempo que la puesta en tensión de las sogas con ayuda de tomo de mano durante la operación de levantamiento de la pluma principal, la presencia de un hombre y del torno de mano es necesaria, así como de la presencia de él que va a dirigir la operación esto es para vigilar el desplazamiento de la pluma y la posición de las sogas para equilibrar las tensiones en las sogas, una vez colocado en la pluma nos aseguramos de la posición definitiva de las sogas y que estén bien apretadas las sogas a su punto de anclaje.

#### *7.10. Prevención en la colocación de accesorios*

El buen desarrollo de las operaciones de colocación de cables necesita una preparación basada en:

**Aisladores:**

Los aisladores están ensamblados en filas constituidas por número determinado de elementos según tipo y tensión de la LACE sobre los torres en suspensión, las filas de aisladores están ensamblados en cadena con las piezas de armamento que permiten engancharlo sobre el soporte, en algunos casos las cadenas y las poleas están fijadas al soporte del suelo y levantados con este soporte.

Sobre los soportes de anclaje las cadenas de aisladores son generalmente levantadas ya enganchadas a los cables prearreglados a la línea para evitar al fricción de las cadenas, se debe tener mucho cuidado durante el montaje por que estas deformaciones serían susceptibles de provocar desviaciones de aisladores y rupturas durante la puesta en servicio, manejar los aisladores con cuidado.

#### *7.11. Prevención en el tendido del cable*

El cable trenzado es constituido por varios hilos formados en forma de hélice, normalmente colocados por grupos formados en varias camadas y apoyados sobre un centro que puede ser textil, metálica, de fibra de vidrio o mixtas, el sentido del cable normalmente es a la derecha.

A cada composición de cable corresponde una utilización particular.

---

El empleo de cables especiales necesita precaución por los cables llamados "antigiratorios" que son muy frágiles y que no deben estar empleados con los materiales previos a cada efecto.

Un cable nunca debe presentar características diferentes a las que fueron confinados.

Un cable está definido por su diámetro y por su sección.

Las extremidades de los cables deben estar protegidas por alambres enrollados que eviten el deshilachado y el deterioro del cable, en ciertos casos el cable debe ser reemplazado por soldadura atrapando los hilos.

El anclaje sirve para retener los cables de tensión mecánica aquí los amarres deben realizarse en punto fijo predeterminado. Si no existe un punto fijo utilizable, es necesario estabilizar un dispositivo que responda a la carga a aplicar, a continuación se describen los amarres en los puntos fijos que pueden ser viables.

La resistencia que ofrecen los árboles depende de:

Su especie: un buen ejemplo de especie para anclar serían los robles o sus similares.

Las especies como los abedules, los plataneros y pinos presentan resistencia mediocre para servir como anclas.

También dependen del estado natural del árbol y del suelo.

La resistencia de un punto fijo de un árbol es difícil de evaluar, pero es conveniente en todo estado respetar las prescripciones siguientes:

- Hacer el amarre cerca de las raíces
- Proteger el árbol interponiendo pequeñas tablas a fin de repartir la presión ejercida por los aparatos.

La resistencia que ofrecen las máquinas sobre terrenos horizontales depende de:

- El peso del vehículo (la resistencia siempre será inferior a la marcada)
- Del tipo de suelo
- Del agarre de las ruedas y de la presión de inflado

La resistencia que ofrece el tipo de suelo donde se trabaja depende de:

- Las características del suelo, es mejor que el terreno se encuentre seco
- La naturaleza de la operación a la que la carga está destinada

*La buena acción de anclar está sujeta a verificaciones constantes de cargas, de desprendimiento del ancla y de las condiciones climáticas.*

Las zonas en peligro de buen anclaje deben ser señalizadas y desviadas del camino a fin de evitar accidentes que pueden provocar la ruptura del cable de tensión.

La resistencia de un cable nuevo es caracterizada por la carga que el fabricante garantiza.

---



El proveedor de un lote de cables es obligado a elaborar un certificado mencionando en particular:

El nombre del fabricante

Las características de identificación (composición, sentido del trenzado, tipo de acero).

Cada producción esta respaldada por la garantía de carga y por la carga máxima de utilización y siempre debe ser superior a 500 Kn.

La garganta de la polea o la forma de ranura de las bobinas de tendido deben corresponder al diámetro de cable utilizado.

Antes de empezar el seccionamiento de los cables se deben mantener los cables trenzados y así realizar paralelamente cada corte de la sección cuatro ligaduras repartidas sobre un tramo del cableado.

El tipo de grasa establecida por el fabricante debe ser utilizada con más atención, de hecho los cables especiales nunca deben estar engrasados.

Los cables deben estar totalmente revisados antes de cualquier utilización

Cada revisión comprenderá:

Una verificación visual sobre toda la longitud, después una limpieza para quitar la grasa formada por los materiales.

Las anomalías pueden ser:

Ruptura del trenzado o de algunos hilos

Existencia de un cascarón, de un nudo o de una hernia.

Cualquier defecto detectado debe ser señalado inmediatamente

Las cadenas de carga son formadas por eslabones de acero, ensambladas y soldadas eléctricamente.

El calibre de las cadenas debe ser conforme a las normas establecidas por el fabricante.

Una cadena es caracterizada por:

La longitud interna de los eslabones llamadas "pas"

El diámetro del hilo de acero

La sección derecha del eslabón debe estar soldada

La carga máxima de utilización de las cadenas nunca debe exceder  $\frac{1}{4}$  de su carga garantizada por el fabricante.

---

Las eslingas siempre deben ser empleadas dentro de los límites indicados por el fabricante, para evitar lesiones a las eslingas es necesario cuidar de no arrastrarlas sobre el suelo.

Es recomendable evitar el almacenamiento de las eslingas exponiéndolas al sol, es recomendable cubriéndolas con un hule de P.V.C. negro o un equivalente tratando de evitar el contacto con la luz sin tapar la ventilación.

Si las eslingas encuentran alguno de los defectos siguientes se deben desechar:

Rota o desgastada de las fibras

Deshilachadas

Defecto en la deformación del bucle

Trabajando más de 5 años

Los grilletes deben ser hechos de acero y conforme a las normas, la carga máxima de utilización es en función de la calidad del acero utilizado de los tratamientos térmicos que han recibido.

Es muy importante de nunca reemplazar el eje de un grillete por cualquier otro perno.

Los ganchos siempre deben estar acompañados de un perno de seguridad que abra hacia el lado contrario de la calda y así evitar accidentes cuando el gancho gire.

La carga máxima de utilización de los grilletes, anillos y ganchos son marcados para la construcción.

Nunca desplazar un eslabón por ligaduras de hilo o alambre para reconstruir la cadena.

Las cadenas deben estar suspendidas por un anillo y apoyadas sobre el asiento de un gancho, nunca sobre el borde del gancho.

Deben evitarse los movimientos bruscos de la carga hasta su total elevación o al fin del transporte.

Se debe poner especial atención ya que una cadena puede ser más frágil cuando se encuentra en temperaturas frías!

Manipular las cadenas con precaución, no descuidar las cadenas, verificar que no tengan contacto con polvo, humedad o agentes químicos.

Las cadenas deben de ser engrasadas para evitar una susceptible corrosión

Una polea puede ser utilizada siempre que se utilice dentro del límite de carga máxima de utilización. Mantener el buen estado de propiedades sin cargas y verificar los pernos de las poleas en buen estado, las reparaciones de las poleas deben ser hechos por el fabricante.

---

Antes de utilizar las poleas verificar lo siguiente:

Que la carga máxima de utilización indicada sobre la polea sea aceptable dentro del rango de operación a ejecutar.

Una total deformación de los elementos mecánicos.

Del buen estado de las soldaduras.

**Colocación de las bobinas:** las bobinas pueden estar sobre un portabobinas desmontables.

El suelo debe estar nivelado

El dispositivo que soporta el eje de rotación de la bobina tiene que estar perfectamente estabilizado para que no se pueda voltear ni deslizar.

El eje debe estar horizontal y orientado perpendicularmente al hilo que se tendera.

**Precaución en conductores y cable de guarda:**

Los riesgos principales pueden resultar de:

Inestabilidad de la bobina de desenrollado

De una mala colocación del cable en las poleas

De una mala estabilización de los carretes

Del fenómeno de la inducción

Conviene vigilar siempre el paso de los cables, la estabilidad de las bobinas, el freno de la bobina

**En la conexión de los cables:**

Asegurarse del buen acoplamiento

De la eficacia de los dispositivos de seguridad

Del buen estado aparente de los enlaces

De la excelente limpieza de los empalmes

Alejar del puesto de trabajo el personal que no participa directamente en la operación.

**En los pernos de amarre:**

Una unión de pernos de amarre bien realizada es a una resistencia igual a 80% de cada cable. Estos pernos son fabricados para cables de diámetros bien determinados son generalmente descritos en milímetros o en fracción de pulgada.

En necesario que se conformen las indicaciones siguientes:

Un estribo muy grande realiza un amarre insuficiente.

Un estribo muy pequeño produce un aplastamiento al cable.

**En el extremo de un amarre**

Para la elaboración del extremo de un cable, utilizar una protección de cable con dimensiones apropiadas, colocar el primer perno de amarre también cerca del límite de la curva mirando hacia arriba.

Colocar el segundo perno de amarre y los siguientes a una distancia aproximada de 6 y 8 d, donde d= diámetro del cable.

Apretar los pernos alternativamente sin excesos utilizando las llaves normales, no correr el riesgo de tener los pernos de amarre flojos, verificar que sean bien apretados.

---

A continuación se demostraran las formas en que se debe y no apretar los pernos de amarre.

En el tendido y arreglo de los cables:

Vigilar que estas acciones sean operadas únicamente por una jefatura, interrumpir la operación en caso de problemas y buscar inmediatamente las causas, asegurar la vigilancia de todos los puntos sensibles con radio.

En la prevención en la puesta a tierra:

Para tratar todos los equipos relacionados con el cable conductor de importancia como escaleras o canastillas deben estar situados dentro de la zona de trabajo de tendedores, es importante que antes de llegar a la zona de trabajo todos los equipos deben estar conectados a tierra, hasta el fin de las operaciones.

Es importante verificar las puestas a tierra que se van a desconectar (equipo) no confundir con las puestas a tierra de la LACE.

Las conexiones a tierra de los equipos deben ser en una misma zona, no regarlas por distintos lugares.

Realizar las conexiones de puesta a tierra a través de un difusor (araña).

En los anclajes de conductores sobre los soportes

Antes de proceder al arreglo y anclaje de los cables se debe atirantar los brazos sobre los soportes.

*La posición de las máquinas de tracción tienen que tomar en cuenta el entorno y los esfuerzos a controlar, vigilar la buena alineación de las máquinas y cuando sea posible reducir las tensiones del tomo de mano.*

Antes de ejercer el esfuerzo de tracción verificar que las sogas dispuestas sobre el soporte sean bien atadas, evitar aplicar a los soportes esfuerzos mayores de los establecidos, respetar las instrucciones del cliente en lo que concierne la importancia, la ubicación y la orden de cargas aplicar al soporte, seguir las instrucciones para no superar los esfuerzos admisibles por el soporte durante las operaciones de desenrollado, también verificar durante las operaciones la estabilidad de las máquinas de tracción.

#### *7.12. Colocación de amortiguadores*

Cuando trabajamos sobre una LACE verificar la ausencia de tensión de voltaje en la LACE, también la puesta de tierra, estas deben estar en corto circuito deben estar instaladas.

La verificación de ausencia de tensión y colocación de puesta a tierra que enmarcan la obra son obligatorios, también cuando se trata de una LACE nueva que presenta una de las características siguientes:

Distancia entre dos torres muy largas o más de tres tramos cortos

Probabilidades de inducción

Extremidades que no están visibles

---

En zona de inducción las puestas a tierra siempre serán colocadas más allá de los puntos de los amortiguadores, así que los trabajadores siempre se encontrarán en el interior de un círculo formado por dos puestas a tierra.

### **7.13. Prevención de riesgos de origen eléctrico**

La electricidad puede crear riesgos y ser responsable de lesiones y daños cuando:

- Una persona pasa a ser parte de un circuito eléctrico. El resultado puede ser un choque eléctrico.
- En los elementos de un circuito eléctrico no protegido existe una sobrecarga eléctrica, y se calientan, puede llegar a producirse un incendio al alcanzar la temperatura de ignición de los materiales próximos a las superficies calientes.
- Cuando se producen arcos o chispas debido en general al salto de electricidad de un conductor a otro, cuando se abre o cierra un contacto eléctrico, tal como ocurre al accionar interruptores o al descargar la electricidad estática. Puede originarse un incendio cuando el arqueo o chisporroteo se produzca en una atmósfera que contiene una mezcla de una sustancia inflamable.

La protección contra los elementos eléctricos

Se puede usar cierto número de métodos para proteger al personal contra un contacto accidental como elementos eléctricos vivos. En general el equipo eléctrico expuesto, operando a 50 v. o más debe ser protegido, por medio de vallas, o por su posición:

- En una elevación de 2.50 m. o más sobre el piso
  - En una cerca de la que solamente tenga acceso personal autorizado
  - Debe haber una barandilla de la que se deben colgar señales de peligro. Las protecciones deben ser lo suficientemente fuertes y rígidas para evitar que al golpear contra ellas un trabajador pueda moverlas o lastimarse.
-

## **Conclusiones**

En el desarrollo del capítulo 1 se detecta la dificultad de los cálculos tanto eléctricos como mecánicos que son de suma importancia en el desarrollo de la construcción de la LACE, ya que gracias a estos cálculos se evitan la mayoría de los accidentes en obra y al momento de enegizar la LACE.

Así mismo se detecto la necesidad de una gran planeación de la LACE a partir de la presentación de la oferta, esta debe estar fundamentada, estudiada, proyectada, programada lo mejor posible, ya que sin una buena base en la oferta, la obra se desarrolla y se proyecta con una gran cantidad de dificultades, es necesario presupuestar desde una tuerca hasta el ultimo metro de cable a instalar.

Se resume que el progreso (avance) de la LACE depende de muchos factores, entre ellos:

El suministro de materiales, a tiempo.

El reclutamiento de personal calificado, es un factor muy importante, ya que se corren grandes riesgos en la protección de vidas humanas y de materiales sumamente costosos.

El flujo de dinero efectivo, para obtener este es necesario realizar estimar del trabajo realizado vs. el proyectado.

El Aseguramiento de Calidad, este es un control extremadamente útil, en el se identifican, los avances, las no conformidades respecto a los procedimientos constructivos y/o a las especificaciones del cliente, las acciones preventivas, correctivas, el control del proceso el control de suministros, la política de calidad, etc.

Y creo que el mas importante de todos es la indemnización de terrenos por donde cruza la LACE, este punto es de gran importancia, ya que las cuadrillas de trabajo llevan un ritmo de instalación y los propietarios de los terrenos donde se armaran las torres no permiten el acceso a dichas torres porque la CFE no les ha indemnizado sus terrenos.

El objetivo original de este trabajo es hacer notar a sus lectores en pocas paginas el desarrollo tan difícil de este tipo de proyectos, en donde el esfuerzo imprimido no se ve detrás de las torres montadas, no se conoce la gran infraestructura (red de electrificación) desarrollada en nuestro país que asciende a mas de 80,000 km y que a su vez transporta millones de Kilo volts – Amperes, para satisfacer nuestras necesidades cotidianas.

---

## **Bibliografía**

- Manual de construcción en acero  
Volumen 2  
Instituto mexicano de la construcción en acero A.C.  
Editorial: Limusa – Noriega editores  
2nda edición  
1992
  - Diseño de estructuras de acero método LRFD  
Mc CORMAC  
Editorial: ALFA OMEGA  
1991
  - NOM J-334-1978  
Aisladores de vidrio templado tipo suspensión  
1978
  - NOM J-202-1977  
Aisladores de porcelana para energía eléctrica  
1978
  - Introducción a la metalurgia física  
Sydney H. AVNER  
2nda edición  
Editorial : Mc Graw Hill  
Marzo 1993
  - Instalaciones eléctricas teoría y practica  
IBBETSON'S  
3era impresión  
Editorial : CECSA  
Mayo 1969
  - Materiales de ingeniería y sus aplicaciones  
FLINN / TROJAN  
3era edición  
Editorial : Mc Graw Hill  
1989
  - Manual de diseño de obras civiles  
Instituto de investigaciones eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad  
Editorial : Federación Editorial Mexicana  
1983
-

- La sécurité du monteur dans les chantiers de construction des lignes électriques aériennes " a haute tension b" – (domaine H.T.B.)  
Organisme Professionnel de Prevention du Batiment et des Travaux Publics (OPPBTB)  
Syndicat des Entrepreneurs de Reseaux et de Constructions Electriques (SERCE)  
Electricite De France (EDF)

- Manual de construcción en acero  
Volumen 1  
Instituto mexicano de la construcción en acero A.C.  
Editorial : Limusa- Noriega Editores  
2nda edición  
1992

Ingeniería industrial métodos, tiempos y movimientos  
Benjamin W. NIEVEL  
Editorial: Alfaomega  
Tercera edición.  
México 1990

La seguridad industrial su administración  
John V. GRIMALDI, Rollin H. SIMONDS  
Editorial: Alfaomega  
Quinta edición  
Mexico 1991

---