



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## PROYECTO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LINEAS DE TRANSMISION

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: García Puga José G.

FECHA: 20/II/2004

FIRMA: [Firma]

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL PRESENTAN:  
JOSE GUADALUPE GARCIA PUGA  
ROBERTO CARLOS GALICIA DEL ANGEL  
MARCOS CANO MARTINEZ  
FRANCISCO ROCHA ALVAREZ  
LORENZO RODRIGUEZ

DIRECTOR: ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ



MEXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/113/03

Señores

JOSE GUADALUPE GARCIA PUGA  
ROBERTO CARLOS GALICIA DEL ANGEL  
MARCOS CANO MARTINEZ  
FRANCISCO ROCHA ALVAREZ  
LORENZO RODRIGUEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. RAFAEL ABURTO VALDES, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

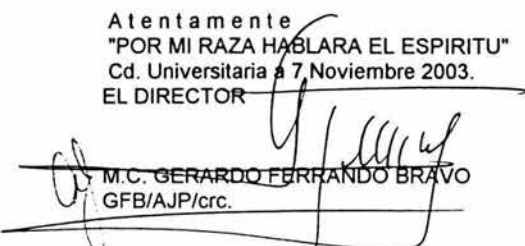
**"PROYECTO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LINEAS DE TRANSMISION"**

- INTRODUCCION
- I. ESTUDIOS PRELIMINARES BASICOS
- II. PERMISOS Y AUTORIZACIONES
- III. INGENIERIA BASICA Y PROYECTO
- IV. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION
- V. COSTOS
- VI. MANTENIMIENTO
- VII. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 7 Noviembre 2003.  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL,  
TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA

OFICIO FING/DCTG/113/03

ASUNTO: Solicitud de Jurado para  
Examen Profesional.

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM  
Presente.

Los señores JOSÉ GUADALUPE GARCÍA PUGA, ROBERTO CARLOS GALICIA DEL ÁNGEL, MARCOS CANO MARTÍNEZ, FRANCISCO ROCHA ALVAREZ Y LORENZO RODRÍGUEZ registrados en esta facultad con los números de cuenta 7818851-2, 8755356-5, 8240708-5, 8021815-7 y 7860718-3, en la carrera de INGENIERO CIVIL, quienes han cubierto los requisitos académicos necesarios para realizar sus trámites de Examen Profesional, le solicitan atentamente autorice el siguiente jurado:

ASIGNACIÓN	NOMBRE	R.F.C
PRESIDENTE:	ING. JULIO VARGAS RODRÍGUEZ	VARJ-411119
VOCAL:	ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ	ABR-350331
SECRETARIO	M.I. AGUSTÍN DEMENEGHI COLINA	DECA-470126
1er SUPLENTE:	M.I. AMALIA ADRIANA CAFAGGI FELIX	CAFA-551023
2do SUPLENTE:	ING. LUIS CANDELAS RAMIREZ	CARL-570904

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, a 3 de Febrero del 2004.  
EL JEFE DE LA DIVISIÓN

ENTERADOS

DR. ALBERTO JAIME P.

SRS. JOSÉ G. GARCIA PUGA  
ROBERTO C. GALICIA DEL ÁNGEL  
MARCOS CANO MARTÍNEZ  
FRANCISCO ROCHA ALVAREZ  
LORENZO RODRÍGUEZ

AJP/MTH/acn

EP-4

## INDICE

INTRODUCCIÓN	1
I.- ESTUDIOS PRELIMINARES BÁSICOS	15
I.1.- TOPOGRAFÍA	15
I.2.- MECÁNICA DE SUELOS	19
I.3.- IMPACTO AMBIENTAL	22
I.4.- HIDRÁULICOS	25
I.5.- SOCIALES	27
II.- PERMISOS Y AUTORIZACIONES	31
II.1.- SCT	34
II.2.- FERROCARRILES NACIONALES	40
II.3.- PEMEX	43
II.4.- INAH	44
II.5.- AUTORIDADES ESTATALES	45
II.6.- AUTORIDADES MUNICIPALES	45
II.7.- AUTORIDADES EJIDALES	46
II.8.- CPUFE	47
II.9.- CNA	48
II.10.- SEMARNAT	50
II.11.- OTROS	52
III.- INGENIERÍA BÁSICA Y PROYECTO	55
III.1.- SELECCIÓN DE TRAYECTORIA	55
III.2.- INGENIERÍA BÁSICA	59
III.3.- PROYECTO	76
III.4.- TIPOS Y GRUPOS DE ESTRUCTURAS	81
IV.- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN	98
IV.1.- TIPO DE CIMENTACIONES	98
IV.2.- PROCESO CONSTRUCTIVO	101
IV.3.- PROGRAMACIÓN Y CONTROL	110
IV.4.- SUPERVISIÓN	116
IV.5.- CONTROL DE CALIDAD	118
IV.6.- SISTEMAS DE TIERRAS	123

V.- COSTOS	126
V.1.- EVALUACIÓN ECONÓMICA	126
V.2.- EVALUACIÓN TÉCNICA	134
V.3.- PRESUPUESTACIÓN	143
VI.- MANTENIMIENTO	155
VI.1.- SEGURIDAD	155
VI.2.- SUPERVISIÓN TÉCNICA	157
VI.3.- EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL	159
VI.4.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	163
VII.- CONCLUSIONES	169
 GLOSARIO	
 BIBLIOGRAFÍA	

## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES

La electricidad ha desempeñado un papel importante en el desarrollo de la humanidad, como es el de la producción de alimentos, bienestar físico y una mejor calidad de vida; es una fuente de energía indispensable que no contamina en su consumo, fácil de transportar y de manejar.

El inicio de la utilización de la Energía Eléctrica en México fue a finales del siglo XIX y principios del XX, en el régimen de Porfirio Díaz, básicamente en las industrias textil y minera.

La energía eléctrica como industria se integra en tres áreas, las cuales son: la generación, la transmisión y la comercialización; dentro del periodo de los años de 1879 a 1934, fueron empresas privadas las que generaban, transmitían y distribuían a usuarios públicos o privados, principalmente de capital estadounidense e inglés.

Se instalaron las primeras plantas eléctricas para dar servicio a sus propias industrias, así como también comenzaron a surtir a las poblaciones donde se asentaban.

A principios del siglo XX y dado el crecimiento de la demanda surgen empresas como la Explotadora de Fuerzas Hidráulicas de San Ildefonso; la Puebla Train Way Light and Power Co. y la Compañía Hidroeléctrica e Irrigadora de Chapala.

En el año de 1903 llega a México la poderosa compañía The Mexican Light and Power Company Limited, que en el año de 1905 construye la hidroeléctrica de Necaxa.

Cuando se realizaron las obras de Necaxa, la Mexican contaba ya con instalaciones en Nonoalco, Indianilla y Verónica, de las que abastecía de energía eléctrica a la Ciudad de México y poseía también la compañía de tranvías eléctricos en el D. F.

Ya en el año de 1915 la industria eléctrica había creado una amplia red de transmisión, de distribución para la ciudad y una excelente capacidad de generación.

La empresa Impulsora de Empresas Eléctricas de capital estadounidense, y la Mexican crearon un monopolio en los mercados regionales, ya que el estado mexicano carecía de experiencia de proveer este servicio al público y de interés general.

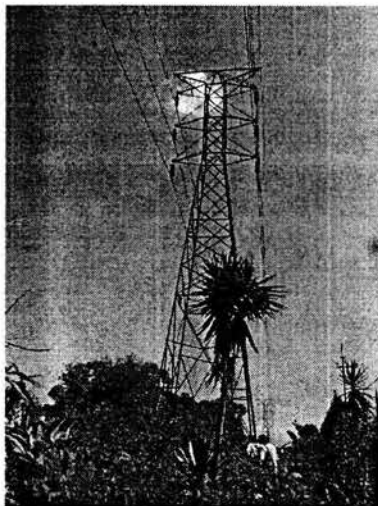


Los intentos por terminar con exenciones y privilegios de los concesionarios mediante la regulación fueron conformando el concepto de servicio público de electricidad así optó el gobierno por intervenir directamente en la industria al crear la CFE en el mes de Agosto del año de 1937, en el régimen del presidente Lázaro Cárdenas, con la misión de generar y distribuir energía eléctrica para responder con eficacia al ritmo de crecimiento demandado para el desarrollo del país.

Así en el año de 1949 CFE se transformó en organismo descentralizado con patrimonio propio, comenzando a extender sus actividades por todo el territorio, absorbiendo empresas de capital privado extranjero.

En el periodo de 1954 a 1964 el gobierno adquirió de las empresas eléctricas que operaban lucrativamente, en un ambiente de conflicto permanente y mal servicio, por lo que en distintas fechas, compró sucesivamente 20 pequeñas empresas eléctricas instaladas en diversos puntos de la republica mexicana.

Con la modificación del artículo 27 constitucional en la que define que corresponde exclusivamente a la nación generar, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio publico, en esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines. Con este marco legal se inicia la nacionalización de la industria eléctrica, bajo el régimen de Adolfo López Mateos, con la adquisición de las acciones de las compañías extranjeras.



En 1960 compró los bienes del grupo de empresas pertenecientes a American & Foreign Power y en Agosto del mismo año adquirió la Industria Eléctrica Mexicana, S. A. de C. V, de la ciudad de Mexicali.

También compró en el mercado de valores de Nueva York, la mayor parte de las acciones comunes y preferentes de The Mexican Light & Power Company y en Enero de 1962 adquirió la Compañía de tranvías, Luz y Fuerza Motriz de Monterrey, los bienes adquiridos a la American & Foreign Power se entregaron para su operación a la Industria Eléctrica Mexicana, S. A. de C. V., y con las acciones de The Mexican Light & Power Company se integró un fideicomiso en la Nacional Financiera, S. A.

En Agosto de 1963 se creó la Compañía de Luz y Fuerza del Centro como filial de esa empresa canadiense.

Por lo tanto se formó así un grupo diverso de empresas eléctricas. siendo todas estas propiedad del gobierno federal, pero operando independientemente unas de las otras con organizaciones e instalaciones distintas y no coordinadas, lo cual establecía una duplicidad de administraciones y de equipo que provocaban un gasto excesivo y servicio de mala calidad en la industria eléctrica.

La incorporación a la Comisión Federal de Electricidad de las 19 compañías eléctricas filiales requirió estudios detallados que se plantearon y realizaron con la debida oportunidad, así durante muchos años, aun ya siendo propiedad del gobierno, operaron con administraciones separadas y conforme a sus concesiones originales.

En el periodo de 1962 a 1972 se incorporaron 27 empresas regionales, y este proceso continuo hasta el año de 1991.

Un logro importante en el integración fue la unificación de la frecuencia eléctrica de todo el país a 60 ciclos, y desde 1972 se inició la modificación de equipos y aparatos electrodomésticos de todos los hogares.

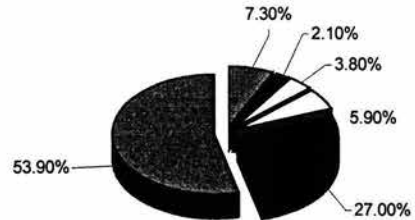
Así en el pasado siglo se conformó la industria eléctrica por dos empresas públicas, que se encargan de abastecer a los usuarios de energía eléctrica quienes son la Comisión Federal de Electricidad y Compañía de Luz y Fuerza del Centro, que operan en áreas, mismas que son: Generación, Transmisión, Distribución, y Comercialización.

Para una mejor administración y estudio del sistema eléctrico, el territorio nacional se ha delimitado por 9 regiones; 115 zonas; 12 pequeños sistemas aislados.

Actualmente la generación eléctrica se realiza a partir de diferentes fuentes energéticas, siendo las más importantes a través de hidrocarburos el 53.9%; hidráulica 27%, carboeléctrica 7.3%; nuclear 3.8%, y en un menor porcentaje entre la geotérmica y eólica.

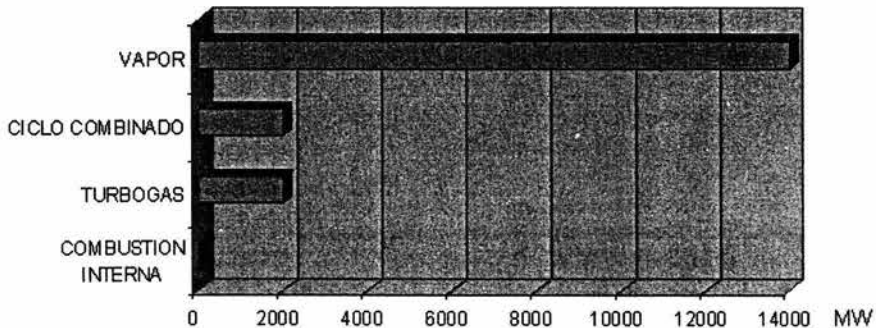
### ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GENERACION

- CARBOELECTRICA
- GEOTERMICA Y EOLICA
- NUCLEAR
- DUAL
- HIDROELECTRICA
- HIDROCARBUROS



La generación eléctrica se realiza mayormente por medio de combustibles fósiles tales como el combustóleo, el gas natural y el diesel.

### PLANTAS ELECTRICAS DE HIDROCARBUROS POR TIPO DE TECNOLOGIA



Las mas importantes plantas eléctricas, de diferentes tipos y capacidades, que se encontraban en operación y que en su conjunto llegaron a generar 73,102 GWH de los 180,911 GWH que se produjeron en el año de 1999 son:

Nombre	Ubicación	Tipo	Capacidad en MW	Tipo de fuente
A. López Mateos (Tuxpan)	Veracruz	Vapor	2,100	Combustóleo
Presidente Plutarco Elías Calles (Petacalco)	Guerrero	Dual	2,100	Combustóleo y carbón
Francisco Pérez Río (Tula)	Hidalgo	Vapor	1,982	Gas natural y combustóleo
Manuel Moreno Torres (Chicoasén)	Chiapas	Hidroeléctrica	1,500	Agua
Infiernillo	Michoacán	Hidroeléctrica	1,000	Agua
José López Portillo (Río Escondido)	Coahuila	Carbón	1,200	Carbón
Cerro Prieto	Baja California	Geotérmica	620	Vapor de agua
Laguna Verde	Veracruz	Nuclear	1,368	Uranio

En Noviembre de 1992, se modificó la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y en el año de 1993 se creó el Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, con estas modificaciones a la ley se da la apertura para que las empresas privadas puedan participar en la industria eléctrica del país básicamente en el sector de Generación.

Estas empresas pueden ser personas físicas o morales de diversos sectores de la producción como son: azucareras, papeleras, mineras, químicas, petroquímicas, textiles, alimentos, etc. y en lo cual generan energía eléctrica para sus procesos industriales, por lo que deben solicitar un permiso ante la autoridad competente, quien después de evaluar, tanto técnicamente y jurídicamente el proyecto, puede autorizar el permiso respectivo.

Así mismo tienen la opción de vender sus excedentes de energía eléctrica a la CFE o Luz y Fuerza del Centro.

Esta misma Ley permite al sector privado de importar y exportar energía eléctrica.

En Febrero del 2000, de los 97.3 millones de habitantes, 25 millones ( 25%), vivían en áreas rurales y 72.3 (74.3%), en centros de población urbanos, por lo tanto el país alcanzó la electrificación en el medio rural del 83%, lo que equivale a 20.8 millones de campesinos con servicio eléctrico, y 98.7% de la población urbana que representa el 71.4 millones de mexicanos, es así que el 92.2 millones de habitantes tienen electricidad, lo que representa 94.7 % de la población total.

Es decir la población se incrementó con 69.8 millones, siendo casi tres veces más de la que existía en 1952 cuando se inició el programa de electrificación y la población servida tuvo un incremento de 80.7 millones, lo que representa ocho veces más que en el año mencionado.

Lo anterior nos da un panorama de que la energía eléctrica es un insumo básico en el proceso de desarrollo económico y básica para la sustentación de la actividad económica para la sociedad moderna.

Es de vital importancia una planeación energética, ya que es esencial para aminorar los riesgos de abastecimiento y que impacte el crecimiento económico, por lo que es de suma importancia para los países subdesarrollados para que tengan un desarrollo y se fortalezca su proceso de industrialización. Pero desafortunadamente, estos países enfrentan crisis financieras, lo que provoca que su industria eléctrica quede en el rezago de planeación, política y técnicamente.

Además de que el pensamiento político que se tenía en cuanto que el gobierno debe de tener el control de la energía eléctrica por motivos estratégicos, queda en desuso por el proceso de globalización económica, impulsados básicamente por los organismos financieros internacionales, como son el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial, y que en su política, establecen que: el patrimonio y los recursos naturales son de libre disponibilidad. bajo el predominio de las reglas de mercado, facilitando con esto el movimiento de las empresas multinacionales de la energía.

Este proceso de reformas del sector eléctrico empezó en la década de los ochenta del siglo pasado, tanto en países desarrollados como subdesarrollados, y en la década de los noventa del mismo siglo los países que se integraron en este proceso fueron: Argentina, Australia, Bolivia, Canadá, Colombia, El Salvador, España, Estados Unidos, Guatemala, Noruega, Nueva Zelanda, Panamá, Perú, Reino Unido, Suecia, en lo que respecta a nuestro país, se encuentra en la fase de estudio para reestructurar el sistema eléctrico nacional.

### **Mercado Eléctrico.**

Para una planificación a futuro en el que se integran todos los sistemas eléctricos, se creó el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE).

El programa abarca un periodo del año del 2001 al 2010 y en el se estudian la evolución del mercado eléctrico, características del sistema eléctrico existente; capacidad de generación y transmisión a futuro; descripción de opciones; programa de unidades generadoras, de transmisión y distribución, y finalmente el programa de inversiones.

### **Sistema Eléctrico Nacional.**

Actualmente el sistema eléctrico está interconectado, lo que permitió que en el año 2000 se tuviera una capacidad de 36.697 MW con un total de 651,995 Km. de líneas de transmisión, incluida la de baja tensión.

Está dividido en nueve áreas: Noroeste, Norte, Noreste, Occidental, Central, Oriental, Peninsular, Baja California, Baja California Sur.

Los sistemas eléctricos de las áreas del Norte, Noreste, Occidental, Central, Oriental, y Peninsular, operan interconectados entre sí con la finalidad de compartir los recursos de capacidad y obtener una operación más económica y confiable en conjunto.

Con respecto a las áreas de la península de Baja California, permanecen con sistema independiente, y también está interconectada con la red eléctrica de la región occidental de Estados Unidos, por medio de dos líneas de transmisión a 230 kv.

#### AREAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL



Con respecto a la operación de la red de transmisión y el despacho de carga se dirige y supervisa a partir de ocho centros regionales de control coordinados por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), ubicado en la ciudad de México, D. F.

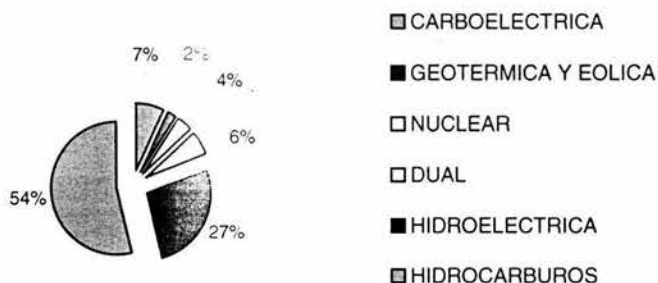
Estos regionales se encuentran en las ciudades de: Hermosillo, Gómez Palacio, Monterrey, Guadalajara, México, Puebla, y Mérida. Pero la península de Baja California, opera independiente y cuyo centro regional se encuentra en Mexicali.

## Estructura del sistema de Generación.

Lo integran un conjunto de centrales generadoras de diferentes tipos, en el que utilizan distintos combustibles o fuentes de energía primaria.

Por ejemplo en el año 2000 se tenía la capacidad efectiva repartida de la siguiente manera

### ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GENERACION



Fuentes Alternas: son la Hidroelectricidad, el Carbón, la Nucleoelectricidad, la geotermia y la fuerza Eólica, en el año 2000 se generó un total de 192,764 GWH de los cuales el 60% correspondió a los hidrocarburos incluyendo sistema dual, el 27% a Hidroelectricidad, el 7% al Carbón, 4% a Nucleoelectricidad, y el 2% a Geotérmica y Eólica.

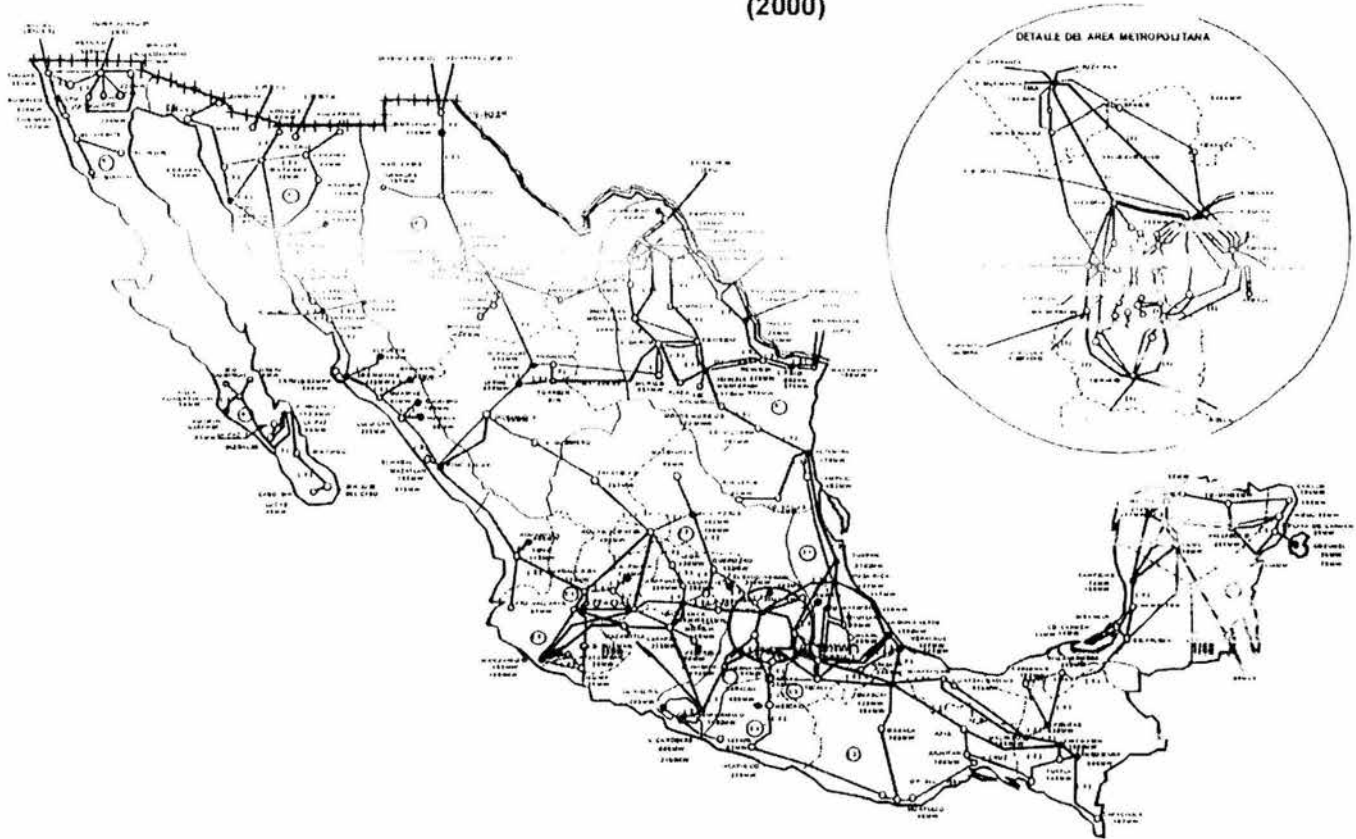
## Transmisión del Sistema Eléctrico Nacional.

Está compuesto por diferentes redes con funciones específicas, y son las siguientes:

- 1.- Red de Transmisión Troncal: compuesta por líneas de transmisión y subestaciones de potencia a muy alta tensión de 400 a 230 KV.
- 2.- Redes de Subtransmisión: utiliza altas tensiones de transmisión de 69 a 161 KV.
- 3.- Redes de Distribución en Media Tensión de 2.4 a 60 KV.
- 4.- Redes de Distribución en Baja Tensión: de 220 a 240 volts.

En Subestaciones se tiene una capacidad instalada de 160,141 MVA, de los cuales 107,846 corresponden a subestaciones de transmisión y 31,673 a distribución de CFE, así como 20,622 MVA de subestaciones de LyFC. (ver mapa)

# RED PRINCIPAL DE TRANSMISIÓN (2000)





El sistema eléctrico nacional en el año 2000 contaba con la capacidad de transmisión de los enlaces de la siguiente manera:



### Capacidad Requerida en el Periodo 2004 – 2010.

En la planeación del Sector Eléctrico 2001 – 2010, las necesidades de capacidad del sistema de generación para este periodo son de 18,696 MW, de los cuales 5,556 MW corresponden a ciclos combinados, 48 MW a combustión interna como ampliación de la central de Puerto San Carlos y la instalación de tres unidades (10MW ) de Guerrero Negro.

– 2,879 MW de proyectos Hidroeléctricos:

Se cuenta con un estudio en la cuenca del Río Santiago, en el sitio denominado El Cajón en el estado de Nayarit, con una capacidad de 680 MW y una generación media anual estimada en 1,207.5 GWh.

La instalación de tres unidades de 312 MW cada una en la central Hidroeléctrica de Chicoasén.

En el proyecto Copainalá en la cuenca del Río Grijalva en el estado de Chiapas con una capacidad de 250 MW y una generación media anual estimada en 420 GWh.

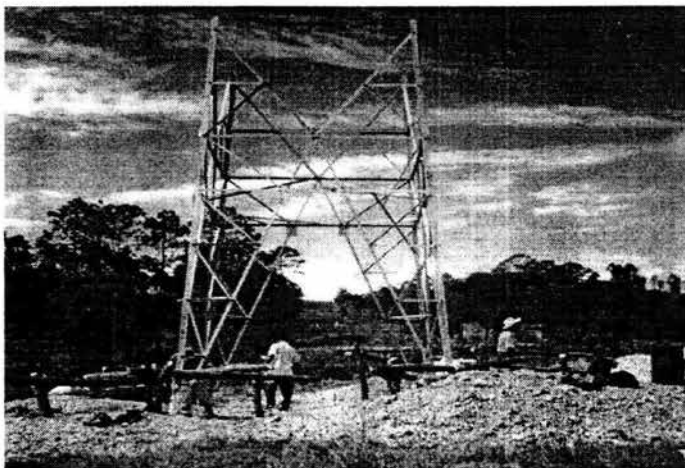
El proyecto la Parota en el río Papagayo en el estado de Guerrero, con una capacidad de 765 MW y una generación media anual estimada en 1,352 GWh.

El proyecto Boca del Cerro en el Río Usumacinta entre los estados de Tabasco y Chiapas con una capacidad de 560 MW y una generación media anual estimada de 2,804 GWh y 5 MW correspondientes al proyecto geotermoeléctrico de Tres Vírgenes.

En el rubro de la Capacidad Retirada, en los próximos 10 años se retirarán 1,661 MW, ésto es tomando en cuenta razones operativas, económicas o su vida útil (30 años para las unidades termoeléctricas convencionales y 25 años para las unidades Turbogás), además se necesita considerar el beneficio – costo, y la problemática regional, que puede conducir a la decisión de conservar, rehabilitar y modernizar las unidades o a cambio de retirarlas del servicio.

### **Programa de Transmisión**

Los planes de expansión de construcción de líneas en este decenio son de 18,955 km de líneas de 400 kv, 8,917 km de 230 kv y 17,422 km en voltajes menores de 230 kv y en el caso de subestaciones reductoras de 32,348 MVA en 400 kv; 29,888 MVA de 230 kv y 23,823 MVA en voltajes menores de 230 kv.



TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN  
 POISE AGOSTO 2001  
 RESUMEN DE PROGRAMAS DE OBRAS E INVERSIONES POR AREA DE RESPONSABILIDAD  
 MILES DE PESOS

Construcción											TOTAL
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001-2010
Líneas	3,801.51	8,338.45	6,500.81	3,204.87	3,126.33	3,396.27	3,878.86	4,145.87	4,655.18	5,264.15	46,342.28
Subestaciones	2,374.91	6,836.74	5,586.92	5,294.62	5,245.37	5,446.08	5,459.64	5,433.68	5,487.17	5,612.81	52,777.91
Subtotal	6,176.42	15,175.19	12,087.73	8,499.49	8,371.69	8,842.32	9,338.50	9,579.55	10,152.34	10,896.96	98,120.19

Distribución											TOTAL
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2001-2010
Líneas	256.94	1,412.20	2,292.49	1,479.30	1,694.04	1,954.75	2,205.05	2,555.97	2,664.56	2,744.02	19,259.30
Subestaciones	939.03	4,334.59	4,326.07	1,888.58	2,050.28	2,370.85	2,564.49	2,715.79	2,707.76	2,899.27	26,796.71
Subtotal	1,195.97	5,746.79	6,618.56	3,367.88	3,744.32	4,325.60	4,769.54	5,271.76	5,372.31	5,643.29	46,056.01

<b>Total</b>	<b>7,372.38</b>	<b>20,921.97</b>	<b>18,706.29</b>	<b>11,867.38</b>	<b>12,116.01</b>	<b>13,167.93</b>	<b>14,106.04</b>	<b>14,851.40</b>	<b>15,524.66</b>	<b>16,540.24</b>	<b>145,176.21</b>
--------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

## EXPANSIÓN DE LA CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN (MW) 2001-2005

ENLACE		NIVEL DE TENSIÓN KV	CAPACIDAD INICIAL 2000(Mw.)	AUMENTO DE CAPACIDAD (Mw.)	CAPACIDAD TOTAL (Mw.)
Región	Región				
Mazatlán	Mochis	400, 230	420	350	750
Sonora Norte	Sonora Sur	230	330	170	500
Sonora Norte	Juárez	400		380	380
Sonora Sur	Mochis	400, 230	220	280	500
Laguna	Chihuahua	230	235	115	350
Laguna	Monterrey	400, 230	260	90	350
Laguna	Ags-Slp	230		250	250
Chihuahua	Juárez	230	230	270	500
Río Escondido	Chihuahua	400	190	160	350
Monterrey	Reynosa	400, 230	250	750	1000
Monterrey	Ags-Slp	400		1120	1120
Bajío	Central	400, 230	750	250	1000
Huasteca	Ags-Slp	400		1500	1500
Huasteca	Oriental	400	750	450	1200
Huasteca	Bajío	400		1500	1500
Temascal	Grijalva	400	1000	1400	2400
Oriental	Central	400, 230	4000	1600	5600
Oriental	Temascal	400, 230	2100	1600	3700
Lázaro Cárdenas	Central	400	1700	200	1900
Lázaro Cárdenas	Acapulco	400		200	200
Mazatlán	Guadalajara	400	320	360	680
Grijalva	Lerma	400, 230	250	185	435
Mérida	Cancún	230	300	300	600
Mérida	Chetumal	230,115	120	30	150
Tijuana	Ensenada	230	180	170	350
Mexicali	Tijuana	230	320	20	340

### Proyecto de Programa de Obras e Inversiones para Financiamiento Externo

Se ha venido buscando diversas modalidades de financiamiento para el programa de obras, entre ellos están las líneas de crédito del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial) y del Banco Interamericano de

Desarrollo (BID), esto es para financiar proyectos hidroeléctricos y para equipos y materiales para el programa de transmisión, distribución, rehabilitación y modernización de las centrales termoeléctricas.

Por lo tanto se han formado grupos de proyectos llamados paquetes de Obra Pública Financiada.

Para la evaluación del programa de expansión de la red de transmisión del sistema interconectado a nivel nacional, es la de tener presente un programa de expansión asociado a un costo mínimo y que a la vez satisfaga los criterios técnicos y de rentabilidad económica.

Es decir tener un análisis de mínimo costo, el que consiste en garantizar que los proyectos de transmisión propuestos, sean la mejor alternativa desde el aspecto económico, y tener también un análisis de rentabilidad, en el que se trata de cuantificar los beneficios del proyecto, con el fin de garantizar que la inversión asociada (es decir el costo) tenga una rentabilidad superior al 10% anual en términos reales.

Esto es un panorama general de la situación de la energía eléctrica nacional a través de los tiempos.

Por lo que respecta a la presente tesis comprenderá el tema: Proyecto, Construcción y Mantenimiento de Líneas de Transmisión, expuesto en siete capítulos, en donde el capítulo I tratará de estudios preliminares básicos tales como los topográficos, mecánica de suelos, impacto ambiental, hidráulicos, y sociales.

En el capítulo II se abarcarán los respectivos permisos y autorizaciones ante las dependencias gubernamentales como la SCT, Ferronales, PEMEX, INAH, CAPUFE, CNA, SEMARNAT y autoridades Estatales, Municipales y Ejidales, entre otras.

El capítulo III tratará la Ingeniería básica y el proyecto.

En el capítulo IV se analizará el procedimiento de construcción, como son los tipos de cimentaciones, proceso constructivo, programación y control, supervisión, control de calidad, y sistema de tierras.

Los costos están comprendidos en el capítulo V, es decir: la evaluación económica, evaluación técnica, y presupuestación.

El capítulo VI presentará lo que es el mantenimiento, como es la seguridad, la supervisión técnica, evaluación del estado actual e implementación del programa de mantenimiento.

## **CAPITULO I**

### **ESTUDIOS PRELIMINARES BÁSICOS**

Las líneas de transmisión de energía eléctrica son los puntos de interconexión o enlace de elementos eléctricos desde el centro de generación (subestación eléctrica) hasta los usuarios finales. Tienen como objetivo transportar la energía eléctrica; se diseñan tomando en cuenta el volumen de energía a transmitir, la distancia entre sus extremos, el trazo geométrico, la naturaleza del terreno, y el medio ambiente.

Para realizar estas labores es necesario de algunos estudios básicos, a fin de realizar una trayectoria bien definida como son: topografía, mecánica de suelos, impacto ambiental, hidráulicos, sociales, etc.

#### **I.1.- TOPOGRAFIA**

El levantamiento topográfico obedece al estudio de la determinación de la posición relativa de puntos sobre la superficie del terreno. Para llevar a cabo este proceso es necesario observar y medir la magnitud de los elementos de espacio; estos elementos pueden ser: dos distancias y una elevación o una dirección, una distancia y una elevación.

La base del levantamiento topográfico del eje de una línea de transmisión, es la trayectoria analizada, evaluada y seleccionada; llamada plano general de localización de trayectoria.

El levantamiento topográfico deberá ser llevado a cabo por métodos electrónicos utilizando distanciómetros.

Se levanta y dibuja cualquier elemento aunque no se cruce con la línea de transmisión, que este dentro de una franja de 50 metros a cada lado del eje de la línea de transmisión.

Propiamente, el trazo se inicia con el reconocimiento preliminar del terreno.

En este recorrido se estudian:

- Los accesos a la línea de transmisión.
- Se fijarán los puntos de inflexión (PI), los puntos obligados, los puntos sobre tangentes (PST).

- Los puntos de partida(0+000) y destino, que será el centro de los marcos de la estructura de subestaciones, en su defecto el centro del terreno o el punto más cercano al sitio probable de la subestación.
- Los cruzamientos con vías de comunicación, con líneas de transmisión existentes, líneas de telégrafos, etc., los diversos tipos de vegetación las posibles fuentes de contaminación, etc.

En este reconocimiento generalmente surgen las primeras dudas y dificultades, que serán resueltas con algunas de las recomendaciones generales que a continuación se citan, en inteligencia de que ya fueron tomadas en cuenta en el estudio y evaluación de la trayectoria seleccionada, pero que pudiera ser útil para afinar la localización definitiva en el campo o por algún problema no previsto o que haya surgido después del estudio y que obligue a efectuar un cambio parcial de trayectoria.

Se deberá evitar que el trazo pase, hasta donde sea posible, por:

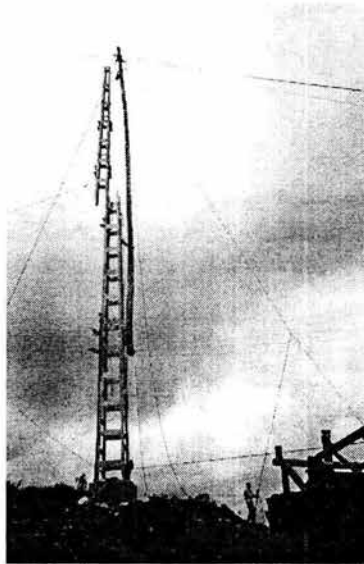
- Núcleos de población o construcciones a menos de 50 m, salvo casos particulares como las zonas urbanas.
- Zonas con vestigios arqueológicos.
- Minas, bancos de material en explotación, polvorines.
- Terrenos agresivos o visiblemente erosionados o expuestos a corrientes fluviales.
- Desiertos, zonas de dunas o arenas fluviales.
- Bosques, selvas, huertas, zonas de contaminación natural o industrial.
- Zonas anegadizas o pantanosas.
- Pendientes del terreno excesivas y laderas deslizantes con terreno suelto.
- Siembras de alto costo.
- Cabeceras de aereopistas.

Los puntos de inflexión (PI) se harán en terreno sensiblemente plano o razonablemente alto, nunca en zonas bajas o cúspides de cerros, ni laderas muy pronunciadas.

Las tangentes serán lo mas largo posible, siendo estas lo mas apropiadas para cruzar barrancas de gran claro.

El ángulo respecto al marco de la bahía de la subestación de origen, de ser posible, será de 90°, en ningún caso será menor de 75°. La estructura o torre de remate se proyecta entre 40 y 60 m, que puede ser un punto sobretangente o bien un punto de inflexión, nunca mayor de 15°. La primera inflexión de cualquier grado, no será

localizada a menos de 300m. En caso de torres de ser estructuras de madera o concreto esa distancia se recomienda entre 200m y 100m. En el caso de postes tubulares. El marco de la bahía de la subestación de destino, será el punto final de la línea debiéndose observar las mismas restricciones que en la subestación de origen. Los cruzamientos con carreteras, ferrocarriles, canales, acueductos o ductos de PEMEX se harán lo más cercano a los  $90^\circ$  y nunca menos a  $30^\circ$



Estructura de llegada a la Subestación

Para los cruzamientos con líneas de transmisión existentes, como regla general debe considerarse que las líneas de mayor voltaje pasen sobre las de menor voltaje, considerando los siguientes lineamientos:

- Cuando la línea existente es de mayor voltaje, la línea de menor voltaje debe pasar por debajo, acercándose lo más posible a una torre del circuito de mayor voltaje.
- Cuando la línea existente es de menor voltaje, la línea de mayor voltaje debe pasar por arriba, procurando el paso por donde la flecha del conductor de menor voltaje es mayor.
- Cuando la línea existente es del mismo voltaje, es preferible que por maniobras de construcción, la línea pase por debajo de la existente.

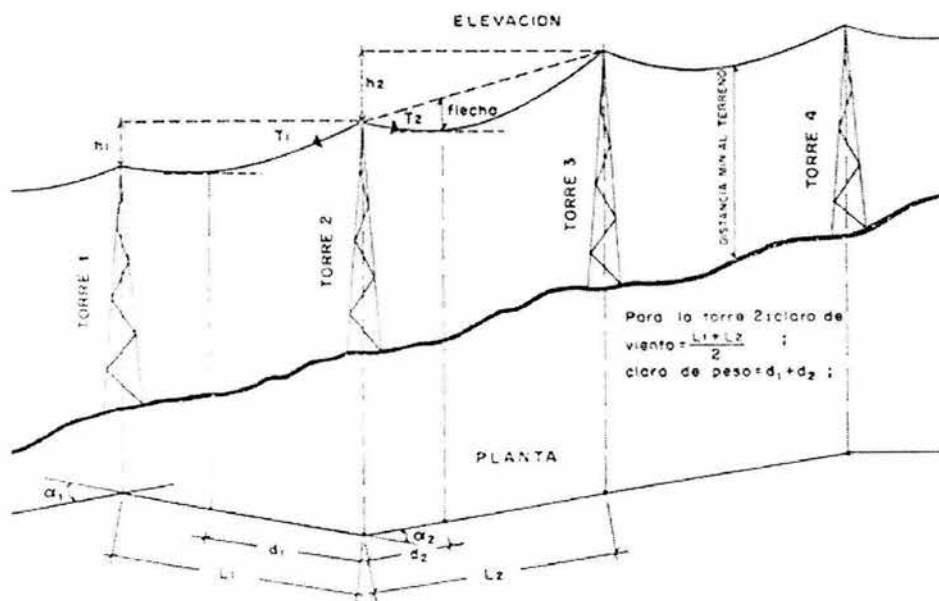
El ángulo de cruce ideal es de  $90$  grados, no recomendándose uno menor de  $45$  grados.



No se localizarán puntos de inflexión a menos de 20m fuera del límite del derecho de vía de carreteras, caminos de terracería, vías de FF.CC., canales, ductos de PEMEX, etc.

Se levantan y registran en planos, además de los datos necesarios para poder dibujar la planta y el perfil del eje de la línea los siguientes puntos:

- Linderos de terrenos y su tipo.
- Ríos, arroyos, escurrimientos fluviales, canales.
- Lagunas, presas, zonas inundables, pantanos.
- Tipo y altura de construcciones.
- Tipos de vegetación, sembradíos, huertas, arboledas y sus alturas en el momento y máximas de crecimiento.
- Tipo y uso de terreno.



Torres de acuerdo a la topografía del terreno

La localización definitiva del trazo, no podrá diferir de la trayectoria marcada en el plano general mas de 50 m hacia cualquier lado, con lo que será posible salvar los

obstáculos no indicados en el plano, así como para llevar a cabo recomendaciones generales sobre posicionamientos de puntos de inflexión y tangentes.

Cuando el terreno presente una pendiente transversal al eje del trazo, en el sentido ascendente, será necesario que se levante con precisión y se registre en los planos de planta y perfil, un perfil lateral (paralelo). Tal caso se presenta comúnmente cuando la línea se traza por calles o pasa cerca de construcciones aisladas o también cerca de una arboleda.

Todos los datos observados y medidos para realizar el levantamiento topográfico deberán registrarse.

Los registros contienen todos los datos necesarios, claros y precisos, para elaborar los planos de perfil y planta.

El registro se hará por línea de transmisión, anotando sus características. Estos registros normalmente se entregarán conjuntamente con los planos de perfil y planta, ya que ellos serán el apoyo numérico de la revisión que deberá efectuarse a dichos planos.

## **I.2.- MECÁNICA DE SUELOS**

Como en todo proyecto de Ingeniería se hace especial énfasis en los estudios referentes a la mecánica de suelos. Ya que sin el debido conocimiento de las propiedades de los suelos que lo soportarán, no puede efectuarse en forma completa y satisfactoria.

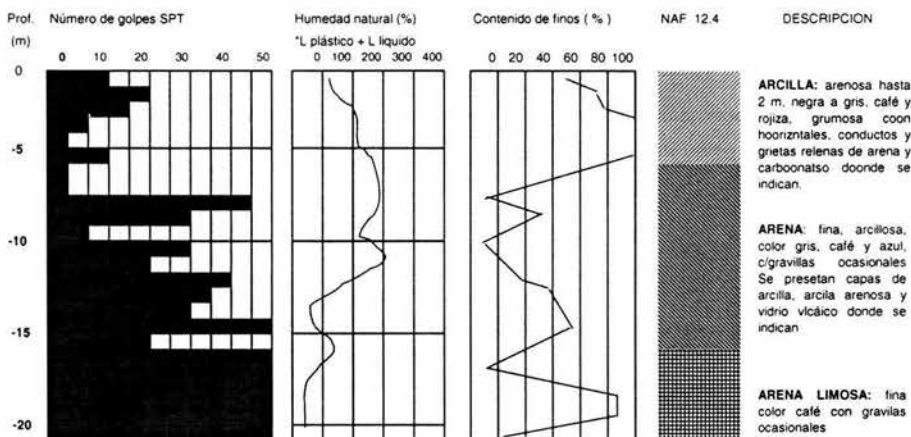
La exploración del suelo debe estar directamente relacionada con la magnitud de la obra y con las condiciones generales del subsuelo. Por lo que los métodos por utilizarse deben elegirse de acuerdo con las características de los suelos que se definen por estudios preliminares de la zona.

En los resultados del estudio se exponen las condiciones y propiedades estratigráficas que caracterizan el sitio de interés, los espectros de respuesta del terreno, las recomendaciones aplicables al diseño de las estructuras, la alternativa de cimentación más eficiente para el proyecto, así como los criterios a seguir para su diseño y construcción.

Con el estudio geotécnico a lo largo de una línea de transmisión se pretende, antes que nada, obtener información de carácter regional sobre el tipo de suelos en la trayectoria de la línea, que permita identificar problemas potenciales típicos asociados a los mismos. Y segundo, información que permita establecer parámetros para diseño y construcción de la cimentación de las estructuras que integran la propia línea.

Para iniciar los trabajos que componen el estudio de mecánica de suelos, primeramente se debe realizar una visita al sitio donde se realizarán los trabajos con el objeto de hacer un reconocimiento y observar las características y estado que guarda actualmente el lugar, así como sus alrededores.

Constituye un caso particular la realización de estudios geotécnicos que permitan contar con la información más completa posible para fines de diseño y construcción. Eso debido a que las líneas de transmisión son proyectos que se desarrollan longitudinalmente y estando integradas por un gran número de estructuras de relativa poca envergadura y carácter puntual en la trayectoria de la línea.



Registro de sondeo exploratorio

Para la identificación de problemas geotécnicos mayores, se realiza con base en información cartográfica de topografía y geología publicada por el INEGI, información bibliográfica y si se juzga necesario se realizan recorridos parciales a la trayectoria, en algunos casos en compañía de geólogos. Para esto último se requiere que se haya definido el trazo de la línea en campo (puntos de inflexión y tangentes). Como resultado de estos recorridos puede recomendarse el cambio de trazo.

La exploración del suelo debe estar directamente relacionada con la magnitud de la obra y con las condiciones generales del subsuelo. Por lo que los métodos a utilizarse deben elegirse de acuerdo con las características de los suelos que se definen por estudios preliminares de la zona.

Si de la revisión en gabinete no se vislumbran problemas geotécnicos mayores, una vez definido el trazo en campo, se solicita se excaven pozos a cielo abierto para la

exploración del subsuelo hasta 4.0 m de profundidad. La ubicación de estos pozos se solicita en los puntos de inflexión, a distancias entre 2 y 4 km en tangentes o bien en donde el personal de campo identifique superficialmente cambios en las características del terreno.

Si se encuentra que existen suelos con posibilidad de baja resistencia, se programa una exploración profunda que se realizará tan pronto se cuente con el trazo en campo o de preferencia se tenga definida la ubicación de las estructuras.

La excavación de los pozos se ejecuta generalmente con personal y herramienta manual, y si las condiciones del terreno lo permiten, los pozos se excavarán con retroexcavadora o perforadora de gran diámetro (60 a 80 cm).

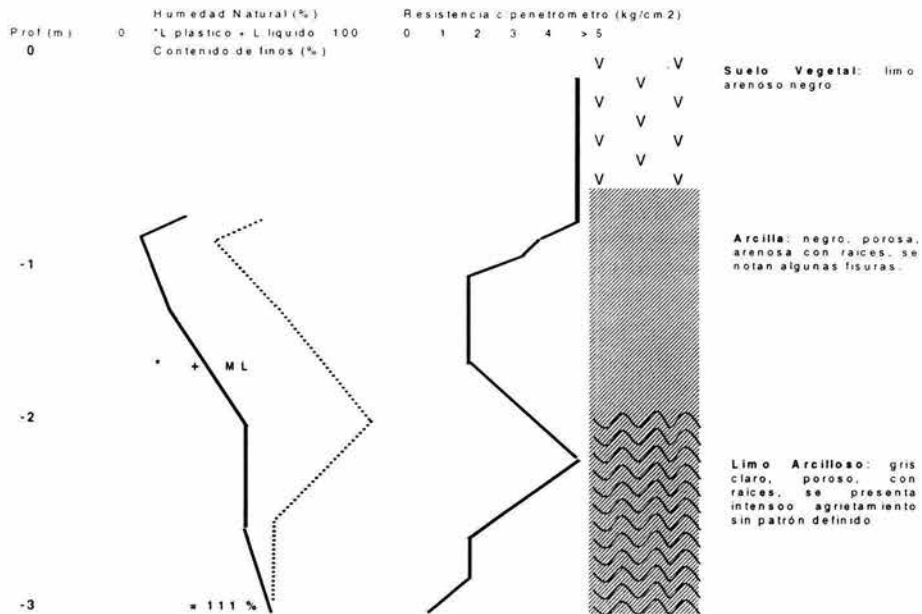
Se da el caso de que el tiempo estimado para los estudios geotécnicos es insuficiente en virtud de las necesidades de exploración que requiere la línea.

Se dan pasos para que la información que se obtiene durante la etapa de estudio topográfico y definición de trazo en campo, se mejore efectuando un recorrido total de la línea por personal capacitado que con el apoyo de equipo manual, pudiera establecer un perfil geotécnico de la trayectoria identificando los materiales desde el punto de vista constructivo, datos de suma importancia para la cotización del trabajo y planeación de su construcción. Así como planear la exploración con fines de diseño.

Como se mencionó en los párrafos anteriores, los trabajos de exploración se inician con la excavación de los pozos a cielo abierto, aquí se realiza un recorrido de la línea, inspeccionando los pozos con la finalidad de establecer las condiciones estratigráficas y características de los materiales existentes, estableciendo su clasificación mediante procedimientos de campo, o bien con la ejecución de sondeos profundos si se trata de suelos blandos; estos son generalmente del tipo de penetración estándar, recuperando muestras alteradas representativas de los diferentes estratos además de identificar el nivel freático, si existe a la profundidad explorada.

Para el caso de suelos blandos la exploración se realiza preferentemente en el sitio de cada estructura si estos están definidos. Las muestras obtenidas en esta etapa se trasladan al laboratorio y se clasifican los suelos mediante determinación de propiedades índice y en su caso se realizan pruebas para determinar propiedades mecánicas en muestras inalteradas, principalmente de resistencia.

Con la información obtenida en el recorrido de campo, la inspección de los pozos a cielo abierto, los resultados de los ensayos de laboratorio y en su caso las pruebas de campo que se hayan efectuado, se elabora un informe con recomendaciones para diseño y construcción de los cimientos para las estructuras de la línea de transmisión.



Registro de pozo a cielo abierto.

### 1.3.- IMPACTO AMBIENTAL

En los últimos años el cuidado al medio ambiente y los recursos naturales, se ha convertido en un factor de suma importancia en todo el mundo, esto da inicio en los países industrializados ya que eran estos los que provocaban las mayores perturbaciones ambientales, no obstante aportaron los más abundantes recursos para contrarrestarlas.

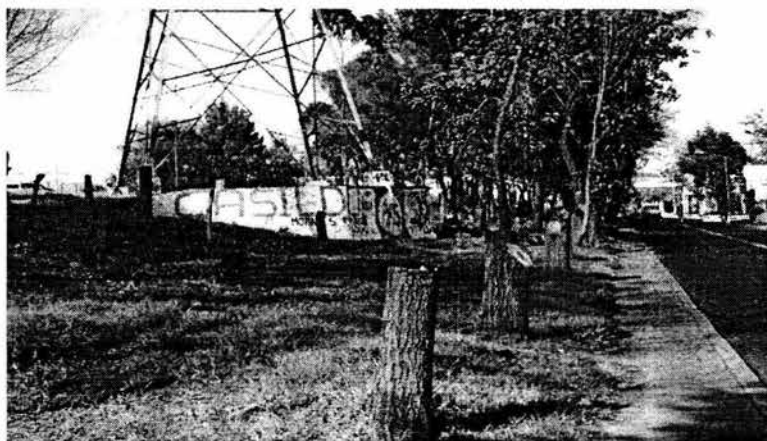
En los estudios para el inicio de un proyecto era suficiente economizar costos de: materiales, mano de obra y equipo, hoy en día se requiere también minimizar los daños o alteraciones al medio ambiente y recursos naturales, por lo que se requieren estudios de impacto ambiental a fin de evitar daños o alterar el equilibrio ecológico.

La evaluación de las opciones para el desarrollo del sector eléctrico, las políticas y las practicas de operación de sus instalaciones tienen que hacerse en el contexto de las preocupaciones ambientales, locales, nacionales e internacionales.

La mayoría de los impactos ambientales disminuyen, realizando una cuidadosa selección de los sitios factibles, por donde cruzaran las líneas, para el caso de las líneas de transmisión y distribución eléctrica, es decir se deberá realizar una adecuada selección de la trayectoria.

Uno de los impactos asociados al transporte de la energía eléctrica es la radiación electromagnética, cuyo impacto puede llegar a producir los siguientes efectos sobre las áreas que atraviesan:

- Degradación de la calidad de la recepción de señales de radio y televisión, debido al efecto corona.
- Contaminación por ruido debido a la emisión de ruido audible por zumbido y crepitación.
- Deterioro de la seguridad pública y de la comodidad, debido a la inducción electromagnética y electrostática.



Impacto ambiental en zonas urbanas

Al respecto, se ha observado que la tendencia actual de muchos países, no es diseñar líneas de transmisión eliminando totalmente el efecto corona, la interferencia de radio y televisión, el ruido audible y la inducción electromagnética o electrostática ya que el costo es muy alto; sino minimizar sus efectos sobre el medio ambiente con base en:

<b>VARIABLES AMBIENTALES</b>	<b>VARIABLES ELÉCTRICAS</b>	<b>VARIABLES ESTÉTICAS</b>	<b>FACTORES Y BENEFICIOS SOCIALES</b>
Vegetación: bosques, tierras productivas. Hábitat de vida salvaje. Áreas protegidas. Áreas de reproducción animal.	Torres de TV, microondas, radio, etc., existentes o futuras. Líneas de transmisión aéreas y subterráneas, existentes o futuras. Existencia o futura construcción de tuberías. Uso actual del suelo: Áreas residenciales, hospitales y tierras de cultivo. Niveles de ruido audible. Niveles existentes de ozono. Datos meteorológicos: Humedad, velocidad de viento, precipitación pluvial, temperatura, densidad de rayos sobre tierra, etc.	<b>Visuales:</b> Tipo y extensión de parques, áreas de recreación vistas escénicas, carreteras, Sitios históricos, parques nacionales, sitios arqueológicos. <b>Hidrológicos:</b> Lagunas, ríos, esteros, pantanos y reservas de agua. <b>Suelos:</b> Formaciones geológicas, topografía, daños potenciales por la erosión, etc.	Existencia y/o uso potencial de la tierra: comercial, residencial, industrial, recreación, instituciones públicas y agricultura. Aumento poblacional. Crecimiento industrial. Datos económicos. Estilo de vida actual.

Esta tabla muestra los parámetros comúnmente empleados en la evaluación de la ruta potencial de una línea de transmisión.

La selección de un adecuado diseño de una línea y de la configuración de las torres, empleando consideraciones económicas y técnicas para satisfacer criterios eléctricos ambientales especificados.

La selección del centro de la línea y del ancho del derecho de vía dentro de cada una de las alternativas de trayectorias, de tal manera que se produzca el menor impacto en las actividades diarias que se desarrollan dentro del derecho de vía y áreas adyacentes.

Por otro lado, los intensos esfuerzos realizados para desarrollar y diseñar rutas óptimas para líneas de transmisión, se pueden ver comprometidos si no se diseña un

programa bien concebido de administración de derecho de vía, antes, durante y después de la construcción de la línea. Este programa, consiste en desarrollar guías y procedimientos de control para ser seguidos a todo lo largo de la vida útil de la línea de transmisión, para minimizar el impacto de las actividades de construcción, mantenimiento y planeación en su acceso.



Daños ambientales en zonas boscosas

#### **I.4.- HIDRÁULICOS**

Entre otros estudios básicos de suma importancia esta el estudio climatológico de la región, donde cruzaran las líneas de transmisión, de estos uno de los que mas nos impacta son los estudios hidráulicos, entre los que destaca, el análisis de precipitación pluvial de la región ya que este nos muestra un panorama claro de los periodos de lluvias, con los cuales podemos realizar adecuadamente, los programas de obra.

A fin de no ver afectados los tiempos de construcción para el desarrollo del proyecto. Así mismo se podrán observar estudios topo-hidráulicos para poder prever las obras de protección, a fin de evitar problemas de erosión y corrosión, con lo cual podremos elegir un mantenimiento preventivo adecuado a cada elemento de la línea de transmisión.

En los sitios en los que la trayectoria de la línea de transmisión cruza cuerpos de agua, se requerirá un levantamiento topo-hidráulico.



Un levantamiento topo-hidráulico es estudio de campo que se requiere realizar en el sitio de cruce de una vía de comunicación con una corriente de agua el cual sirve de apoyo para proyectar la estructura necesaria de drenaje, así como las obras auxiliares que aseguren el buen funcionamiento de la obra, el término topo-hidráulico, que al parecer fue ideado por ingenieros mexicanos, obedece a que los trabajos que comprenden tanto detalles topográficos de la zona de cruce, como características hidráulicas de la corriente en cuestión.

Al elaborar un levantamiento topo-hidráulico para la construcción de una línea de transmisión se debe dar el nombre del río, arroyo, barranca, camino correspondiente, tramo del camino en el cual se encuentra, etc.

Así también es imprescindible se rindan los siguientes datos:

- Origen del kilometraje.
- Plano en planta, a escala 1:200 o 1:500 mostrando:
  1. El eje del proyecto.
  2. Curvas de nivel.
  3. Dirección del cauce.
  4. Concesiones cercanas y datos importantes.
- Angulo que forma el eje del proyecto con el eje de la corriente (Angulo de esviajamiento).
- Elevación y descripción del banco de nivel mas próximo.
- Planos con los perfiles del eje del proyecto (perfil de construcción y perfil detallado).
- Elevación de la subrasante que resulte mas adecuada.
- Croquis de puentes cercanos.
- Plano de pendiente y secciones hidráulicas.

Uno de los datos fundamentales con que se debe contar para proyectar cualquiera de las obras mencionadas, es el gasto de la corriente en avenidas máximas extraordinarias asociadas a un cierto periodo de retorno, mismo que se determina en función de la vida útil del proyecto y del riesgo que pueda aceptar de que falle la obra, el cual a su vez es función de la importancia de esta de los daños en que ocasionaría en caso de falla y del costo de la operación o reconstrucción.

Clasificación de los métodos hidrológicos

Los métodos hidrológicos pueden clasificarse como:

- Empíricos

- Semiempíricos
- Estadísticos

**Métodos empíricos:** estos métodos se han desarrollado por medio de correlación múltiple y se emplean para obtener una idea preliminar sobre el gasto de diseño, o bien cuando no se conocen las características de la precipitación de la zona, en la zona correspondiente a la cuenca en estudio, ya que en ella intervienen como variables las características físicas de la cuenca.

**Métodos semiempíricos:** son similares a los empíricos pero hacen intervenir además la intensidad de la lluvia en la relación que define el gasto de diseño.

**Métodos estadísticos:** son de gran utilidad en sitios en los que se cuenta con un buen registro de datos ocurridos, se basan en suponer que los gastos máximos anuales saturados en una cuenca son muestra aleatoria de una población de datos máximos.

Difieren entre ellos en la forma de la función de distribución de probabilidades que supone tiene la población

Hoy en día con la creación de nuevas dependencias gubernamentales y compañías dedicadas a la evaluación de datos topográficos y geohidráulicos y con apoyo de cartas topográficas e hidráulicas se pueden obtener resultados de avenidas máximas bastante confiables con fines de diseño de proyectos en diferentes regiones del país.

## I.5.- SOCIALES

En toda obra de Ingeniería se debe de contemplar, además de los aspectos técnicos y de costos, los aspectos de orden social. Tomados estos, junto con los ambientales, como de primer orden en importancia ya que de estos depende en gran medida la realización o no del proyecto. Para lo cual se requiere poner mucha atención y no dejar pasar ningún detalle que a la postre interfiera en la culminación de la obra que beneficiará a la población en general.

Haciendo énfasis en divulgar información pública y educación sobre las características, costos y efectos a largo plazo de los diversos tipos de proyectos del sector eléctrico. Y para que esta información tenga credibilidad y eficacia debe ser promovida también por el sector académico y los medios de comunicación.

Para llevar a cabo una optimización adecuada tanto de los recursos materiales, costos y tiempo del proyecto, existen aspectos que son muy importantes para la labor técnica del Ingeniero.

Con el fin de obtener los permisos de paso respectivos en los terrenos, ya sea de tipo ejidal o privado por donde será la trayectoria de la línea de transmisión, la cuestión social juega un papel muy importante.

Las gestiones para la obtención de los permisos de paso en los predios que serán afectados, son una de las partes de mayor importancia para la conclusión exitosa de la construcción de una línea de transmisión; dichas gestiones se deben de realizar antes de dar inicio a los trabajos.

En todo lo largo de la línea se deben de efectuar las negociaciones correspondientes, de tal manera que no afecten el desarrollo de los trabajos por ejecutar. Todo esto es con el propósito de reducir los plazos de los trámites para conseguir las anuencias respectivas porque en algunos casos se debe esperar la resolución, debido a que en ocasiones el otorgamiento del permiso se define a través de asambleas ejidales para los terrenos que están en este tipo de régimen y que tal documento es necesario, ya sea para realizar una expropiación, cubrir los daños a bienes distintos a la tierra o para una servidumbre de paso.

Un caso especial que puede complicar la obtención de dicho permiso, es el caso de propiedad privada cuando se encuentra intestada o repartida entre dos o más propietarios, o bien una negación de otorgar anuencia. Por lo que es muy importante dedicar tiempo en estos trámites para no ocasionar retraso en los trabajos.

Dentro de los primeros pasos para la obtención de los permisos es investigar todos los datos respecto al propietario o propietarios del terreno por donde cruzará la línea de transmisión o se ubicarán algunas estructuras; estos datos se pueden recabar en las casas ejidales o solicitando informes en la Secretaría de la Reforma Agraria y catastro municipal.

Para realizar las negociaciones, se debe de notificar el proyecto que se realizará por parte del órgano encargado del sector eléctrico, al afectado o afectados, según sea el caso, en los terrenos de su propiedad y en los cuales causarán algunos daños durante la construcción; y se le hace entrega del escrito de solicitud de anuencia de paso donde se establece solamente que los daños causados a los bienes distintos a la tierra debido a las actividades de construcción, se pagarán de acuerdo a los tabuladores que edita la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales (CABIN) para los diferentes tipos de productos que se obtengan de la explotación del suelo.

Si se llegan a presentar dificultades en la obtención de la anuencia correspondiente, debido que no es aceptado el importe que se pagará aplicando el tabulador que edita la CABIN ó porque el propietario esté empeinado en que se le pague un importe muy por encima de lo que marca el tabulador y así dar su anuencia, quedan dos recursos más para lograr este derecho: a través de la expropiación o el pago de servidumbre de paso.

Se recurre a la expropiación si la indemnización no es aceptada; el siguiente paso es recopilar la documentación pertinente dependiendo del régimen en que se encuentren los terrenos:

Para los terrenos en régimen de propiedad privada se requiere:

- a) Oficio solicitud de expropiación al Gobierno del Estado que le corresponde.
- b) Plano de afectación con la superficie que será expropiada; croquis de localización donde se ubica la obra.
- c) Copia de la escritura con registro público de la propiedad
- d) Avalúo catastral

Para los terrenos de régimen ejidal se requiere:

- a) Un oficio en el cual se instaure la expropiación ante la Secretaría de la Reforma Agraria
- b) 4 (cuatro) juegos del plano topográfico de la superficie que será expropiada.

Para el caso en terreno de régimen ejidal o comunal en el cual se requiere el trámite de servidumbre de paso se necesita:

- a) Oficio donde se requiere el trámite de la autorización del C. Director General para contratar la servidumbre de paso y se debe indicar la superficie afectada; destino que se dará; nombre del ejido o de los parceleros afectados, datos de avalúo, ubicación y precios que se pretenda pagar.

Entre otros documentos también se requiere: croquis de localización, copias de avalúo, certificado de derechos parcelarios, acta de asamblea ejidal.

Dependiendo del acuerdo establecido con el propietario o propietarios del terreno afectado y contando con la anuencia de paso se procede a realizar el pago de los daños, este se realizará antes del inicio de los trabajos o posteriormente a la afectación; procediendo a realizar los certificados y avalúo de daños que deberá ser debidamente firmado de autorización.

Si el acuerdo es de servidumbre de paso es muy importante obtener la autorización de la Dirección General de la dependencia, y así poder efectuar el pago por ese derecho; para lo cual se deberá elaborar un protocolo ante notario público, de la ciudad más cerca donde se encuentre el funcionario, respecto a la ubicación del predio.

Así mismo se deben obtener otra serie de permisos ante dependencias gubernamentales que administran los recursos naturales y del medio ambiente,



## CAPITULO II

### PERMISOS Y AUTORIZACIONES

Una de las partes primordiales para el éxito de un proyecto de construcción de una línea de transmisión dentro del plazo establecido, son las gestiones que se tienen que realizan ante las autoridades y dependencias gubernamentales correspondientes, respetando cada una de las leyes, normas, reglamentos y especificaciones que establecen dentro de su marco legal para la obtención de los permisos, derechos y autorizaciones.

Las autoridades y dependencias gubernamentales a quienes se les solicitan permisos y autorizaciones son, entre otras, las siguientes:

- SCT
- Ferrocarriles Nacionales
- PEMEX
- INAH
- Autoridades Estatales
- Autoridades Municipales
- Autoridades Ejidales
- CAPUFE
- CNA
- SEMARNAT
- OTROS

De acuerdo a los requerimientos se tendrán que realizar los trámites necesarios, y obtener las autorizaciones para el paso a través de los diferentes predios, que serán afectados al ejecutar la obra y que se deben de realizar previamente al inicio de los trabajos.

Estas gestiones deberán planearse de una forma tal que simultáneamente se estén efectuando las negociaciones a todo lo largo de la línea. Esto es con el fin de reducir los plazos de trámites, para conseguir las anuencias respectivas. En algunas ocasiones es necesario esperar esta resolución, en virtud de que el otorgamiento del permiso se difiere a través de asambleas ejidales para los terrenos de este tipo de régimen, documento necesario para poder realizar una expropiación, una servidumbre de paso o para cubrir los daños de los bienes distintos a la tierra.

Para el caso de propiedad privada, se pudiera complicar para conseguir dicho permiso cuando la propiedad se encuentra intestada, repartida entre dos o más propietarios que en ocasiones se encuentra fuera de nuestro país o en definitiva una negación rotunda de otorgar anuencia, por eso es de que se debe de trabajar en diferentes frentes, para no ocasionar retraso en la construcción por no contar con la anuencia respectiva con la oportunidad requerida.

Para obtener la autorización previa en materia de impacto ambiental, para realizar una línea de transmisión se sigue un procedimiento en las diferentes etapas del proyecto, las cuales son:

- Planeación.
- Ingeniería básica y selección de trayectoria.
- Topografía.
- Diseño.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento.

En la etapa de la planeación se lleva a cabo un análisis de la factibilidad de la red eléctrica, considerando las restricciones ambientales y la problemática social y de indemnizaciones que se han presentado en la zona donde se pretende que quede ubicado el proyecto.

Dentro de las actividades de ingeniería básica y selección de trayectorias, se efectúa una revisión de diversos documentos que advierten restricciones ambientales en los sitios tales como:

- El sistema nacional de áreas protegidas.
- Ordenamiento ecológico
- De aclaración de usos y reservas del suelo
- Leyes, normas, reglamentos y especificaciones federales, estatales y municipales.
- Restricciones del Instituto Nacional de Antropología e Historia

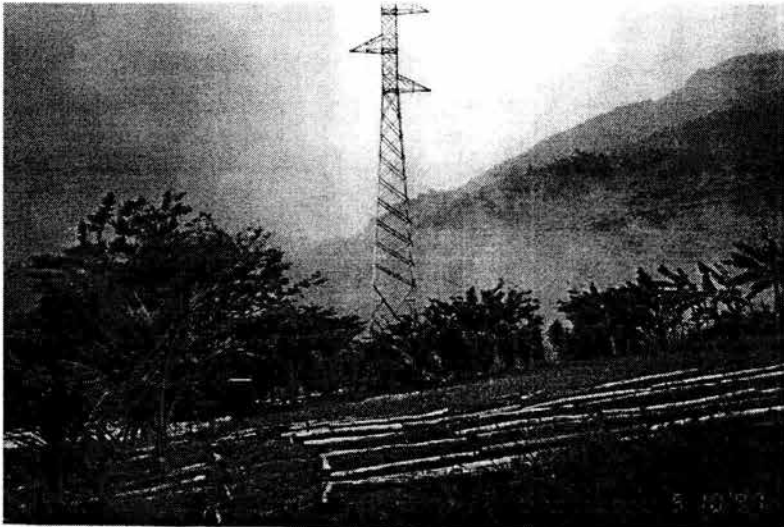
La etapa de topografía es una de la más importantes en las actividades de gestión ambiental, ya que paralelamente al levantamiento topográfico, en campo se recopila la información necesaria para la evaluación del informe preventivo a manifestación del impacto ambiental.

Existen aspectos que coadyuvan a la labor técnica del ingeniero, a la optimización de los recursos, a los tiempos y a los costos del proyecto.

El tema de impacto social se encarga de las relaciones civiles y gubernamentales con el fin de obtener los permisos de pasos respectivos, en los terrenos de propiedad tipo ejidal o privada por donde lleva a cabo la construcción del proyecto de la línea de transmisión respectiva, dentro de la normatividad existente.

Esto es muy importante que para poder obtener los permisos necesarios del paso de vía, se tenga mucho cuidado en lo siguiente:

- Indemnizaciones.
- Trámites de anuencia.
- Expropiaciones.
- Pago de afectaciones.
- Brechas y caminos.
- Costo social en materia del impacto ambiental



Terrenos afectados e indemnizados por construcción de L. T.

Para su ejecución, en el caso de que la información presentada no sea para dictaminar, dicho instituto solicita información adicional complementaria o algún estudio en específico. Con la autorización del proyecto, en material de impacto ambiental, se incorpora en el diseño las medidas y normas para cumplir con los términos establecidos, evaluando el costo beneficio de diseñar estructuras multicircuitos para disminuir los derechos de vía e impacto visual, así como la factibilidad de líneas subterráneas. En la etapa de construcción se ejecutan los



programas específicos de protección ambiental de acuerdo a las condiciones determinadas por la SEMARNAT.

Cuando las líneas de transmisión entran en operación se lleva a cabo la ejecución de los programas, determinando en la protección ambiental:

- Control de brechas forestales.
- Control de posible contaminación a estructuras, aisladores, conductores y equipo electromecánico.
- Control a las invasiones a los derechos de vía.
- Medición a los campos eléctricos y magnéticos.

Para poder realizar proyectos y/o construcciones de líneas de transmisión eléctrica dentro de la república mexicana, que se requiere para la creación de infraestructura nacional y el progreso de la industria eléctrica del país, es necesario que las diferentes secretarías que se ven involucradas, revisen sus leyes, normas, reglamentos y especificaciones, los cuales regulan permisos y autorizaciones para poder realizar dichas líneas.

## II.1.- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)

La secretaria de comunicaciones y transportes, una de las secretarías que se dedica al cuidado de la infraestructura de vías de comunicación, donde su marco jurídico interviene para cuidar que las constructoras, solicitantes de permisos y/o autorizaciones puedan construir líneas de transmisión en territorio nacional, tengan que cumplir con leyes, normas, reglamentos y especificaciones establecidas.

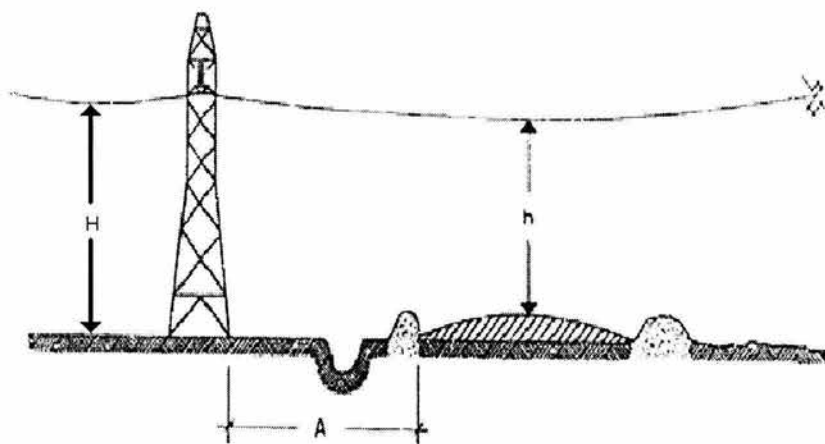
En el ARTÍCULO 28.- Se requiere permiso previo de la Secretaría para la instalación de líneas de transmisión eléctrica, postes, cercas, ductos de transmisión de productos derivados del petróleo o cualquiera otra obra subterránea, superficial o aérea, en las vías generales de comunicación que pudieran entorpecer el buen funcionamiento de los caminos federales. La Secretaría evaluará, previo dictamen técnico, la procedencia de dichos permisos. El que sin permiso, con cualquier obra o trabajo invada las vías de comunicación a que se refiere esta Ley, estará obligado a demoler la obra ejecutada en la parte de la vía invadida y del derecho de vía delimitado y realizar las reparaciones que la misma requiera

Por lo que la Secretaria de Comunicaciones y Transportes establece que las líneas de transmisión eléctrica debe de cumplir con lo siguiente:

- En líneas de transmisión que operan con tensiones de 69 kv y mayores se deberán adaptar disposiciones especiales de seguridad para los casos de paralelismo y cruzamientos con calles, carreteras, vías férreas, ríos y canales navegables, y otras líneas eléctricas o de comunicación.

- En algunos casos, la distancia horizontal de las estructuras de soporte a los cruzamientos serán las indicadas, a través del proyecto de topografía, las empresas que se dedican a la construcción de líneas de transmisión, por medio de las dependencias que los contratan tendrán que realizar los tramites y solicitud de la autorización del derecho de vía o trayectoria, por lo que deberán de tomar muy en cuenta lo siguiente:

#### CRUZAMIENTO CON CALLES, CARRETERAS O AUTOPISTAS.



A = Es la distancia que separa de la acera de la calle a la base de la estructura

H = Es la altura del cable de guarda sobre el terreno medido al pie de la estructura

$$h = 7 + 0.005 \text{ KV}$$

La altura del cable varea de acuerdo a los kv

85 KV  
230 KV  
400 KV

Para autopistas y carreteras.

A = 25.00 m.

Para avenidas o calles principales.  
En ciudades y caminos vecinales.

A = 15.00 m.

Para calles en poblados.

A = 7.00 m.

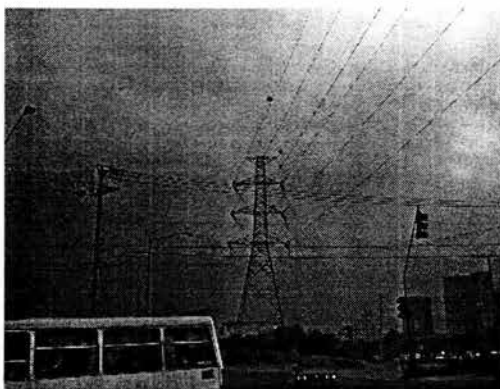
Como condición excepcional para calles  
de poca importancia en poblados.

A = 3.00 m.

En redes de distribución, en derivaciones y  
esquinas.

A = 2.00 m.

La distancia del conductor eléctrico al terreno, está expresada en metros a menos que se indique otra y no será menor que la calculada a partir de las expresiones anteriores, donde kv representa el voltaje por transmitir.



Cruzamiento con calles, carreteras y autopistas

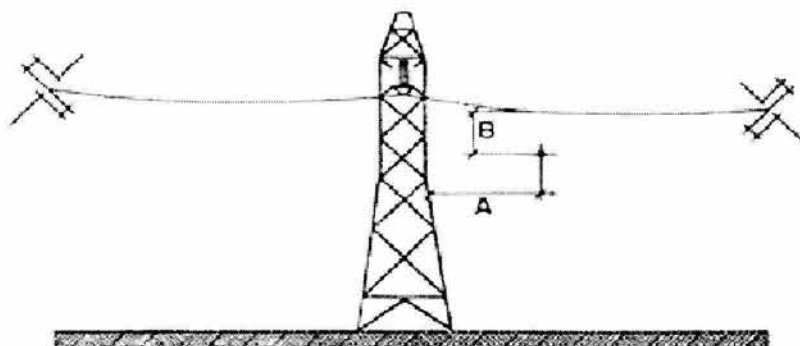
### CRUZAMIENTO ENTRE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

En los cruces de cables de líneas de transmisión eléctrica se colocaran a mayor altura la de mayor voltaje, deberá procurarse que el cruce se realice en la proximidad de uno de los apoyos de la línea mas elevada.

La distancia "A" entre la estructura de soporte y el conductor que cruza mas cercano no será menor que:

$$\begin{aligned} A &\geq 3 + 0.015 \text{ kV} && (\text{kV} \leq 230) \\ A &> 5 + \text{kV}/150 && (\text{kV} \geq 230) \end{aligned}$$

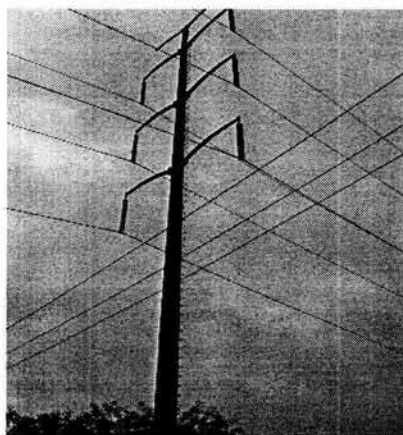
Es necesario tener cuidado al realizar el proyecto de este tipo de obra tomando en cuenta que estarán líneas de diferente potencial eléctrico; 85 kV, 230 kV y de 400 kV.



La distancia "B" entre conductores de dos líneas que cruzan no será menor que

$$B \geq 1.5 + 0.02 \text{ kV} \quad (\text{kV} \leq 169)$$

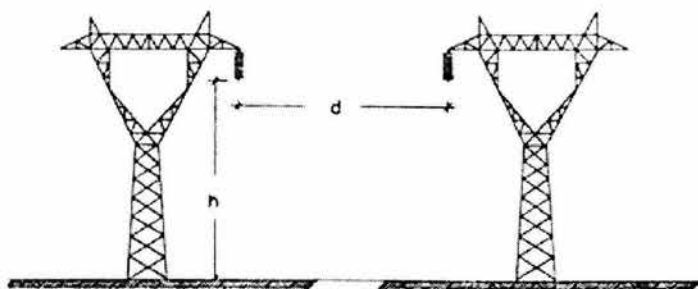
$$B \geq 3.3 + 0.01 \text{ kV} \quad (\text{kV} \geq 230)$$



Cruzamiento de líneas

## PARALELISMO ENTRE LÍNEAS ELÉCTRICAS O CON LÍNEAS DE COMUNICACIÓN

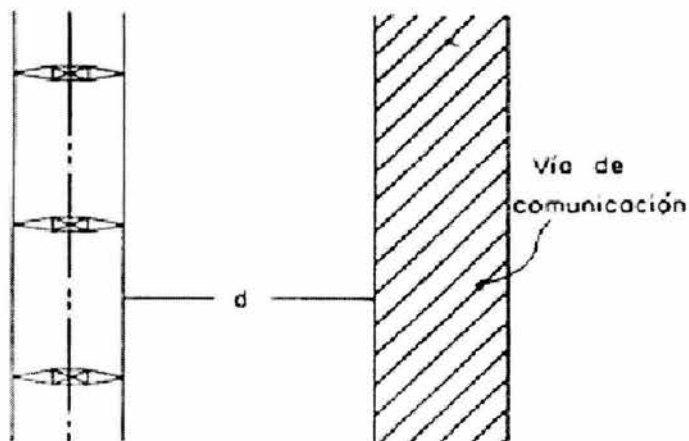
En aquellos casos de que no sea posible evitar esta situación, se deberá mantener las trazos de los conductores más próximos de una y otra línea una distancia "d" no menores que 1.5 h



$$d \leq 1.5 h$$

### LOCALIZACIÓN DE LA LÍNEA RESPECTO A VÍAS DE COMUNICACIÓN

En líneas de transmisión con tensiones nominales mayores la distancia horizontal entre el conductor o la fase extrema y el borde de vías de comunicación paralelas será cuando menos la que se indica a continuación

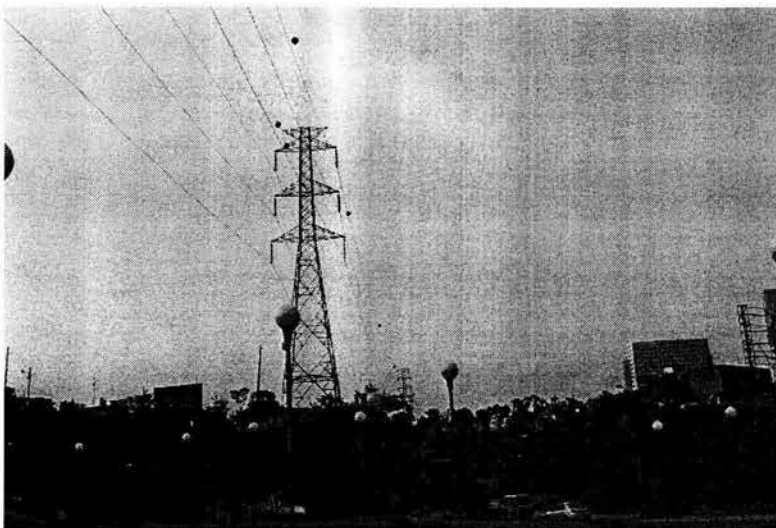


Donde "d" no será menor de 25 m en

- Carreteras
- Autopistas
- Ferrocarriles
- Curso de agua navegable

y "d" será igual a 15 m en

- Carreteras vecinales.
- Avenidas.
- Calles principales en zonas urbanas.



Línea respecto a vías de comunicación

## **LOCALIZACIÓN DE LAS LÍNEAS RESPECTO A CONSTRUCCIONES Y EDIFICIOS EN ZONAS URBANAS**

En puntos accesibles a personas la separación de conductores en edificios puentes y otras construcciones será, según la NOM-001, en el apartado 2204-1 (Aplicaciones):

Los requisitos de esta sección se refieren a la separación de los conductores desnudos y cables aislados de las líneas con respecto al edificio, puentes, estructuras de una segunda línea con respecto al edificio, puentes, estructura de una segunda línea próxima a otras construcciones.

NOM-001, apartado 2205-2 (Consideraciones):

Las separaciones básicas horizontales y verticales especificadas en esta sección, se aplican bajo la siguiente condición

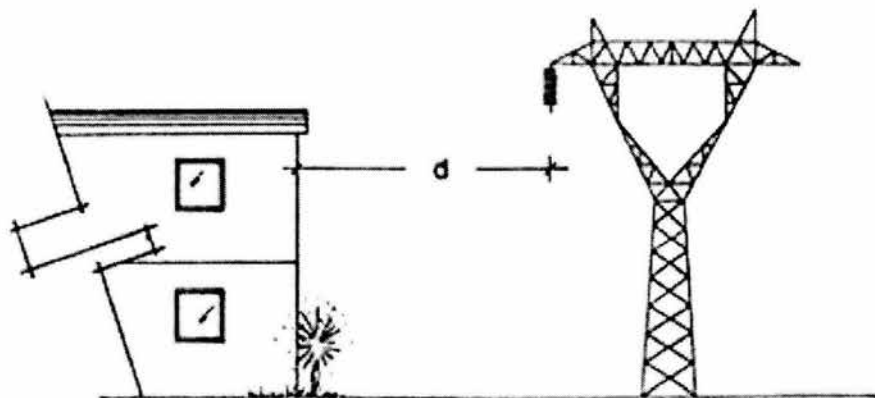
### **A) Separación horizontal.**

Debe de aplicarse con el conductor desplazado de su posición en reposó por un viento de 29 Kg. /m<sup>2</sup> con flecha final de 15° esta presión de viento puede reducirse a 19 Kg. /m<sup>2</sup> en áreas protegidas por edificios y otros obstáculos. El

desplazamiento del conductor debe de incluir la inclinación de la cadena de aisladores de superficies con movimiento libre, cuando estos se usen.

## B) Separación vertical

B.1) Temperatura en los conductores de 50°C. Con flecha final sin carga en reposo.

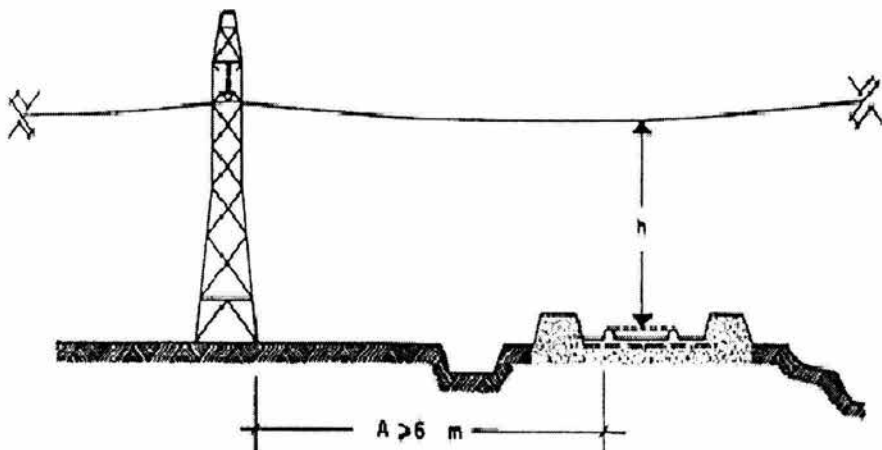


## II.2.- FERROCARRILES NACIONALES

Otra de las dependencias que puede autorizar un permiso de construcción de líneas de transmisión es Ferrocarriles Nacionales. Esta solicitud de autorización de derecho de vía y cruzamiento se tendrá que canalizar a través del marco jurídico de sus normas y leyes, se tendrá que revisar el proyecto y verificar que se cumple con lo establecido.

### CRUZAMIENTO CON VÍAS FERREAS

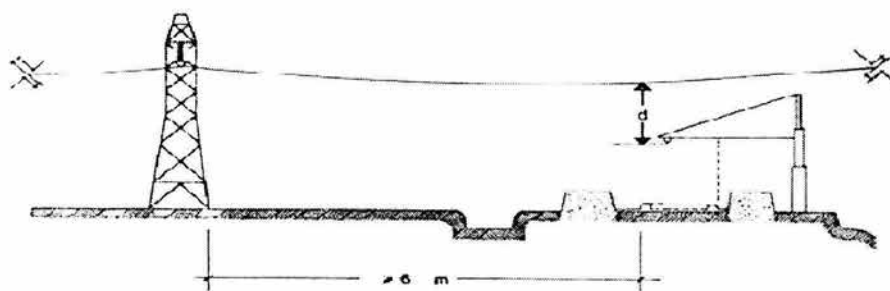
Las líneas de transmisión que cruzan por vías férreas deben de cumplir con lo siguiente:



A = es la distancia que separa del riel de la vía al la estructura de la torre

h = Es la altura del cable de guarda sobre el terreno medido a la base de la estructura

#### CRUZAMIENTO CON VÍAS DE FERROCARRIL ELÉCTRICO



$$d = 1.5 + 0.015 kv$$

d = es la altura que existe de la parte mas alto del ferrocarril eléctrico y tranvia

a = es la distancia que existe entre la base de la torre y el riel del ferrocarril

Se anexa un ejemplo de formato para autorización de construcción de líneas de transmisión:



**DIRECCIÓN DE DESARROLLO URBANO**  
**DEPARTAMENTO DE URBANISMO**

<b>Nombre del Trámite o Servicio</b>	
EVALUACION DE PROYECTOS Y/O PETICIONES PARA INSTALAR LINEAS AEREAS O SUBTERRANEAS DE FIBRA OPTICA, ELECTRICAS, DE TELECOMUNICACIONES, OLEODUCTOS Y GASODUCTOS EN VIA PUBLICA.	
<b>Descripción</b>	
DICTAMEN SOBRE LOS PROYECTOS DE LINEAS AEREAS O SUBTERRANEAS EN VIA PUBLICA	
<b>Requisitos</b>	
1. Solicitud por escrito. 2. 2 Copias del Proyecto	
<b>Costo</b>	<b>Tiempo promedio de respuesta</b>
SIN COSTO	VARIABLE

<b>Usuario</b>	<b>Comprobante</b>	<b>Vigencia</b>
PUBLICO EN GENERAL	DICTAMEN OFICIAL	1 AÑO

**Área donde se realiza el trámite o se proporciona el servicio**

DIRECCION DE DESARROLLO URBANO - DEPARTAMENTO DE URBANISMO

<b>Domicilio</b>	<b>Teléfonos</b>	<b>Horario de Atención</b>
Hospital 50 - Z	3837-50-00 Ext: 5302	9:00 A 15:00 HRS

**Observaciones**

Este tipo de solicitudes se tienen que formular para cada dependencia de gobierno y de tal forma obtener los permisos y autorizaciones para la construcción de líneas de transmisión y poder iniciar los trabajos, posteriormente de que se realice un análisis de los planos enviados por el departamento de topografía de las empresas pertenecientes al sector eléctrico.

### **II.3.- PETROLEOS MEXICANOS (PEMEX).**

En las instalaciones donde se vean afectadas por el cruzamiento de un proyecto de líneas, las autoridades de ambas dependencias tendrán que llegar a un acuerdo a través de la secretaria de energía y minas, siendo empresas que están administradas por esta secretaria.

Se hace una inspección de campo para determinar la factibilidad de la trayectoria y tipo de estructuras propuestas, utilizando Planos Urbanos o CARTAS OFICIALES (Topográficas, Usos del Suelo, Orográficas, Hidrológicas, Sitios Reservados para la Protección de la Biosfera, Sitios Arqueológicos, etc.), según sea el caso, tomando nota de lo siguiente:

Para seleccionar la trayectoria mas conveniente o la que cause menor impacto, se debe emplear un método en el que se les da peso a los diversos factores (sociales, ambientales, económicos) analizando cada una, de esta manera se tendrán las razones fundadas y explícitas que justifiquen la selección que se haya hecho.

En el artículo 44.- de conformidad con lo dispuesto en el artículo 37 del reglamento de la ley reglamentaria del artículo constitucional en el ramo del petróleo, el permisionario solo podrá utilizar terrenos de propiedad particular si previamente ha celebrado con el propietario o poseedor de los mismos el convenio respectivo. De no lograr establecer ese convenio en un plazo de 90 días, contando a partir de la fecha del permiso de la secretaria del patrimonio nacional para la obra o trabajo de que se trate, el permisionario solicitará de la secretaria la declaratoria de la ocupación temporal o de la expropiación del terreno, según proceda, tal como lo previene el citado artículo 37 del reglamento sujetándose a los planos aprobados por esta secretaria y en las extensiones y para los objetos siguientes:

Si se trata de oleoductos o gasoductos una franja que no exceda de 10 metros de anchura para la instalación de la tubería principal y de sus ramales y de las líneas de transmisión y de distribución de energía eléctrica que sea propiedad del permisionario: estos 10 metros se contarán, en el caso de tajo o de terraplén, en el fondo o en la corona de los mismos respectivamente. La anchura de 10 metros solamente podrá aumentarse cuando se proyecte.

Cuando se trate de obras o trabajos no comprendidos en las fracciones anteriores de este artículo la extensión del terreno necesario será determinada en cada caso por la secretaria.

Con base en los requisitos que deben de cumplir para que el derecho de vía sea funcional los usos adicionales que puedan darse al derecho de vía son restringidos y deben de tener la previa autorización.

## **II.4.- INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA (INAH)**

Para poder obtener los permisos o autorizaciones de paso de vía de esta dependencia, y poder realizar la construcción de las líneas de transmisión se requiere de la elaboración de una solicitud para poder realizar la construcción dentro de predios o terrenos que posiblemente tengan resquicios arqueológicos es necesario que el solicitante en este caso empresas que pertenecen al sector eléctrico se dirijan al INAH.

Para poder construir líneas de transmisión en caso de existir monumentos arqueológicos o que se presuma su existencia, se tiene que cumplir con la Ley sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos, Artículos 42 y 43.

Reglamento de la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticos e Históricos, 42 y 44.

Datos o documentos específicos que deben de contener o se deben adjuntar al trámite, salvo los datos y documentos a que se refiere el artículo 15 de la ley federal de procedimientos administrativos.

Solicitud del visto bueno de obra en áreas de monumentos arqueológicos o en que se presume su existencia:

- Datos del solicitante (nombre o razón social, domicilio, teléfono y firma).
- Ubicación del inmueble o predio.
- Características de la obra, especificando sistema constructivo.

Documentos anexos.

- Copia de identificación oficial del propietario o representante legal.
- Memoria descriptiva de la obra con especificaciones técnicas sobre área, plazos y sistemas constructivos.
- Planos arquitectónicos del estado actual (plantas cortes y fachadas)
- Planos de cimentación.
- Aerofotogrametría del área de la obra.
- Carta topográfica del INEGI.

El plazo máximo para resolver el trámite es de 30 días después de la recepción de la solicitud y se aplica la negativa (si aplica) o en su caso la afirmativa (no aplica).

## **II.5.- AUTORIDADES ESTATALES**

En este caso después de realizar una supervisión aérea y ya contar con el levantamiento del proyecto topográfico, que la parte jurídica de la empresa tenga los trámites necesarios, los permisos de la trayectoria y la liberación de los predios afectados así como del pago de las afectaciones que a través de comunicados y de acuerdo al avalúo de las propiedades afectadas se tendrán que realizar como un acuerdo ante las autoridades competentes.

Independientemente de los permisos obtenidos durante los trabajos de topografía es necesario regularizar la servidumbre de paso necesaria para la operación de la línea, así como el pago de los bienes distintos de la tierra que se afecten durante la construcción.

Se tendrá que formular un oficio informando a las autoridades Estatales del proyecto y la trayectoria propuesta, solicitándoles permiso, cuando proceda, e información relacionada con futuros proyectos que interfieran con el trazo propuesto de la línea (ampliación de calles, avenidas, nuevos caminos o carreteras, además de que generalmente tienen información de proyectos de las dependencias que estén gestionando también permisos).

## **II.6.- AUTORIDADES MUNICIPALES**

En el caso de que el proyecto de líneas de transmisión cruce terrenos o zonas municipales se tendrá que dar un seguimiento para poder obtener todos los permisos necesarios que se requieran para librar la trayectoria.

Independientemente de los permisos obtenidos durante los trabajos de topografía es necesario regularizar la servidumbre de paso, para la operación de la línea, así como el pago de los bienes distintos de la tierra que se afecten durante la construcción.

Es necesario considerar las siguientes premisas para evitar conflictos con los proyectos de otras dependencias o con los propietarios de los predios por donde se localizará la línea:

Hacer oficio informando a las autoridades Municipales del proyecto y la trayectoria propuesta, solicitándoles permiso, cuando proceda, e información relacionada con futuros proyectos que interfieran con el trazo propuesto de la línea (ampliación de calles, avenidas, nuevos caminos o carreteras, además de que generalmente tienen

información de proyectos de las dependencias que estén gestionando también permisos).

Preparar oficios a las autoridades civiles, militares y "a quien corresponda", informando de los estudios de las trayectorias y presentando a la compañía que vaya a hacer los estudios de topografía.

Solicitar permiso antes de entrar a trabajar a los predios, pues generalmente se causa predisposición de los propietarios cuando se introducen a sus propiedades sin permiso, aun cuando sea solo para hacer estudios.

Explicar mediante oficio a los afectados el procedimiento que se seguirá para el pago de las indemnizaciones:

Recabar el Vo.Bo. del propietario en croquis de la afectación (incluye datos del nombre de la línea, nombre del propietario, usos del suelo, longitud afectada y cálculo del área, así como referencias para localizar el sitio).

Ofrecer el pago de la indemnización en un tiempo razonable después que el propietario haya aportado toda la documentan necesaria y se presente plenamente identificado para protocolizar ante Notario la servidumbre de paso.

Informar que los daños a bienes distintos de la tierra se pagarán cuando se empiecen los trabajos de la línea, de acuerdo a los tabuladores oficiales analizados por las autoridades correspondientes.

Cuando se inicien los trabajos, antes de entrar a los predios, es importante acordar con los propietarios los sitios por donde el personal del contratista entrará al predio, si se construirán portones o caminos, valuando y pagando los daños.

Aún cuando se le haya pagado al propietario la indemnización surgen problemas por cualquier motivo, especialmente cuando no se le avisa "oficialmente" la entrada a sus terrenos del personal del contratista, cuando se derriban cercas no acordadas, o se hacen falsetes sin permiso, etc. etc.

## **II.7.- AUTORIDADES EJIDALES**

Cuando se trate de predios bajo el régimen ejidal, será necesario:

Hacer contacto con la SRA (Secretaría de la Reforma Agraria) para obtener el plano de dotación al ejido.



Construcción de L. T. en tierras ejidales

Hacer contacto con el Comisariato Ejidal para informar del proyecto y la forma en que se pretende tramitar la indemnización según se trate de predios comunales o parcelados, asistiendo a las juntas regulares o extraordinarias que se convoquen sobre el asunto para recabar la anuencia de la asamblea y la constancia del nombramiento legal de los representantes.

Para el caso de la expropiación, el pago se realizará hasta que sea publicado el derecho en el diario oficial de la federación a favor del organismo encargado del sector eléctrico y se efectuará a través del Fideicomiso del Fondo Nacional del Fomento Ejidal (FIFONAFE).

## **II.8.- CAMINOS Y PUENTES FEDERALES (CAPUFE).**

Seguramente en los diversos países existirán Leyes que protegen los caminos y puentes federales así como Reglamentos para la Protección del Medio Ambiente, en este caso se hace referencia a lo existente en México. Estos estudios deberán hacerse concienzudamente por personal especializado.

En la ley de caminos y puentes federales, para las autorizaciones de derecho de vía y construcción de líneas de transmisión se requiere que las empresas afines, tomen en cuenta el artículo que rige a esta secretaría.

El artículo 28 de la ley de caminos y puentes federales dice que: Se requiere permiso previo de la Secretaría para la instalación de líneas de transmisión eléctrica, postes, cercas, ductos de transmisión de productos derivados del petróleo o cualquiera otra obra subterránea, superficial o aérea, en las vías generales de comunicación que pudieran entorpecer el buen funcionamiento de los caminos federales. La Secretaría evaluará, previo dictamen técnico, la procedencia de dichos permisos. El que sin

permiso, con cualquier obra o trabajo invada las vías de comunicación a que se refiere esta Ley, estará obligado a demoler la obra ejecutada en la parte de la vía invadida y del derecho de vía delimitado y a realizar las reparaciones que la misma requiera.

El Artículo 29 menciona que el derecho de vía y las instalaciones asentadas en él, no estarán sujetas a servidumbre.

## **II.9.- COMISION NACIONAL DEL AGUA (CNA).**

Para poder obtener el permiso o autorización con respecto a la construcción de líneas de transmisión es necesario que las empresas afines a la transmisión de energía eléctrica, soliciten a esta dependencia a través de un oficio donde se envíe copias de planos que muestren el proyecto constructivo de un cruce aéreo de una línea de energía eléctrica donde se indicará la longitud de la línea y tipo o capacidad (85 , 230 o 400 kV) y la localidad donde se construirá la obra.

Para esto es necesario que las empresas que requieran de dichos permisos los soliciten presentando todo el proyecto a construir, zonas que serán afectadas para que su personal que se dedique al trámite del aspecto jurídico, tenga todos los permisos e indemnizaciones concluidas para no suspender ni un momento la construcción de la obra.

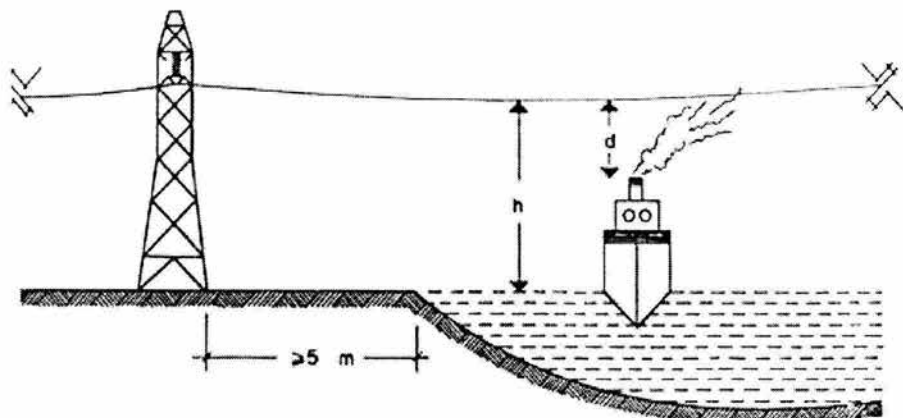
En el oficio se tendrá que mencionar que en base a los artículos 118 de la Ley de Aguas Nacionales; 1º, 2º, 4º fracciones I y IV, 34, 157, 172, 174, 175 del Reglamento de la ley de Aguas Nacionales, 1º, 3º y 16 de la ley Federal del Procedimiento Administrativo; 19, 40, 42, 44, 45 fracción VII, 51 fracción XXI y 104 fracción I del Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero del 2003; primera y segunda, fracción XIII del acuerdo por el que se determina el número, lugar y circunscripción territorial de las Gerencias Regionales de la Comisión Nacional del Agua. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de octubre del 2000 y el Acuerdo por el que se dan a conocer los trámites inscritos en el registro Federal de Trámites Empresariales que aplica la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca y sus órganos administrativos desconcentrados y se establecen diversas medidas de mejora regulatoria. Publicado en el Diario Oficial el 21 de febrero del 2000.

### **CRUZAMIENTO CON RÍOS O CANALES NAVEGABLES**

El artículo 2203 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001 establece las distancias horizontales de estructuras a vías férreas, carreteras y aguas navegables,

específicamente, la fracción 3 de dicho artículo se refiere a la distancia con respecto a las aguas.

Se recomienda que la distancia horizontal de la estructura a la zona de navegación de río, lagos y canales sea mayor que la altura de la misma estructura.



$$h = 7 + 0.015 kv$$

$$d = 3 + 0.011 kv$$

$h$  = se aplica en el caso de ríos o canales navegables por pequeñas embarcaciones.

$d$  = se aplica en el caso de que circulen barcos de gran calado, donde "d" es la medida que debe de existir del cable a la parte mas alta de la embarcación.

A continuación se muestra una respuesta a una solicitud de un cruce hecha por un particular:



En atención a su escrito en el que solicita autorización de llevar a cabo la orden de Cruzamiento aéreo (El de una línea de energía eléctrica: de 85 kv y 230,000 voltios) en Victoria, Jasso, con el Emisor Poniente, en el kilómetro 18 - 255.60, Municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México, comunico a usted que se encuentra a su disposición en la Ventanilla Única

De esta Gerencia Regional, el permiso para la Construcción o Modificación de Obra en Zona Federal, con número de folio GRAVAMEX-GT-055, para la realización de las obras correspondientes, previo pago de derechos, de conformidad con lo establecido en la Ley Federal en la materia.

Cabe señalar que el citado permiso, se refieren exclusivamente a la autorización de la obra desde el punto de vista hidrológico e hidráulico, y que conforme a los artículos 97 de la Ley de Aguas Nacionales y 127 de su Reglamento, es de su responsabilidad la Seguridad estructural, la construcción y el comportamiento de la misma. Independientemente de lo anterior, deberá cumplir con los ordenamientos legales vigentes que para la realización de dicha obra le requieran las demás autoridades locales y federales

Así mismo, deberá realizar los tramites para la ocupación de la Zona Federal y cauce del citado emisor, ante nuestra Ventanilla Única, mediante la presentación del referido permiso

Lo anterior con fundamento en 105 artículos 8°, 14, 16 Y 27 párrafo quinto de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 1°, 2°, 17. 18 Y 32 bis fracciones IV, V, xxiv. XXVI XXVII, XXXI y XXXIX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal) I, 1°, 2° y 3°, I fracciones VIII y XIII, 4°, 9° fracciones 1, V, VII Y XIII. 98, 100, 113 fracciones 111, IV. Y VII.

## **II.10.- SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)**

Esta secretaría es una de las principales que establecen las especificaciones, normas y leyes de protección del medio ambiente para la planeación diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de distribución a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-114-ECOL.

Esta Norma establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación y diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de

transmisión y de subestación eléctrica que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios y turísticas, siendo de observación obligatoria para las empresas responsables de dichas actividades.

Las disposiciones de la presente Norma no son aplicables a aquellos proyectos, de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica que se pretenda ubicar en zonas donde existan bosques, terrenos forestales, selvas, desiertos, sistemas ribereños, costeros y lagunares donde su características ecológicas naturales y biodiversidad no hayan sido alteradas, en áreas consideradas como zonas de refugio y amenazadas en peligro de extinción o sujetas a protección especial de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas.

El trazo de la línea eléctrica se debe localizar en su totalidad en zonas cuyo uso de suelo sea urbano, suburbano, rural, agropecuario, industrial, de equipamiento urbano o servicios y turístico, conforme a los planes y programas de desarrollo urbano estatal, municipal o centro de población aplicables a las zonas de interés.

Informe preventivo.- Este informe contiene los datos generales y características del proyecto, solo se aplica cuando este se encuentra en una área zonificada, previamente dictaminada en materia de impacto ambiental, los requisitos que se solicitan son de acuerdo al artículo 30 del reglamento de evaluación del impacto ambiental apoyándose en el instructivo "Guías Sectoriales" para la elaboración del informe preventivo.

Para poder ser autorizada la construcción de líneas de transmisión que pasen o crucen en alguno de los casos antes mencionados, se requiere que cumplan con la norma antes citada. La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma oficial mexicana corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Secretaría Federal de Protección al Ambiente. Todo aquel que no cumpla con lo que marca esta norma, será sancionado por la ley general del equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

Por lo consiguiente también debe cumplir con el anexo 4 que dice

Aviso de inicio de las actividades para la planeación, diseño, construcción y operación y mantenimiento de líneas de transmisión y subtransmisión de líneas eléctricas que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano de servicios turísticos.

- Nombre de la empresa y del responsable de la obra.
- Nombre del proyecto.
- Ubicación geográfica del proyecto.
- Estado.

- Municipio.
- Coordenadas geográficas.
- Características del proyecto.
- Programa calendarizado del proyecto.

Aviso de conclusión de las actividades para la planeación, diseño, construcción y operación y mantenimiento de líneas de transmisión y subtransmisión de líneas eléctricas que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano de servicios turísticos.

- Nombre de la empresa y del responsable de la obra.
- Nombre del proyecto.
- Ubicación geográfica del proyecto.
- Estado.
- Municipio.
- Coordenadas geográficas.
- Características del proyecto.
- Programa calendarizado del proyecto.

## **II.11.- OTROS**

### **ZONAS RURALES**

Se presentará plano de planta y perfil (escala horizontal 1:2000, escala vertical 1:200, en caso de terreno abrupto 1:500, señalando banco de nivel), en plano mostrando:

- Localización de detalles en planta hasta 50 metros a cada lado del eje de la línea: señalando claramente los sitios donde NO se recomienda proyectar estructuras por ser sitios inundables o vertederos.
- Terreno inadecuado que requiera cimientos especiales.
- Límites de propiedad (nombre de propietarios).
- Usos del suelo.
- Estaciones y mojoneeras.
- Cruzamientos en planta y perfil.

- Con vías de comunicación (caminos, carreteras, calles, avenidas, FFCC, brechas, etc.), canales y bordos de riego, indicando kilometrajes y nomenclatura de los mismos.
- Líneas eléctricas y de comunicación indicando alturas de conductores, voltajes, nombres y tipo de estructuras.
- Plano(s) de conjunto escala 1:10,000 con cuadro de construcción mostrando tangentes, deflexiones y kilometrajes, nombres de los afectados y usos del suelo. Conforme a la longitud de la línea, la escala puede variar.
- Listado de afectados incluyendo croquis de detalle de la afectación (En Tamaño carta señalando mojoneras, kilometrajes y colindancias), nombre, teléfono y dirección donde se pueda localizar.
- Resultado de los sondeos incluyendo fotos y perfil estratigráfico.
- Cuando se reciban los trabajos del levantamiento topográfico, es conveniente verificar cadenamientos y niveles por tangentes, comprobando los datos de la inspección preliminar de campo.

## ZONA URBANA

### ARTÍCULO 2207 – DERECHO DE VIA

El artículo 2207-1 de Caminos y Puentes Federales de aplicación nos indica que: los requisitos de este artículo se refieren al derecho de vía o de paso, que deben tener las líneas de transmisión en campo abierto y en zona urbana.

El derecho de vía es un faja de terreno que se ubica a lo largo de cada línea, cuyo eje longitudinal coincide con el trazo topográfico de la línea. Su dimensión transversal varía de acuerdo con el tipo de estructuras, con la magnitud y desplazamiento lateral de la flecha, y con la tensión eléctrica de operación.



Derecho de vía

Dentro de las áreas que ocupa el derecho de vía no deben existir obstáculos ni construcciones de ninguna naturaleza para protección del público y de la propia línea, así como para poder operar ésta con un grado de confiabilidad adecuado.

De lo anterior se exceptúan los obstáculos en zonas urbanas que son necesarios para la prestación de los servicios públicos como instalaciones de alumbramiento, líneas de comunicación y de señalización etc. Las cuales de cualquier manera deben cumplir con separaciones y demás requisitos incluidos en esta Norma.

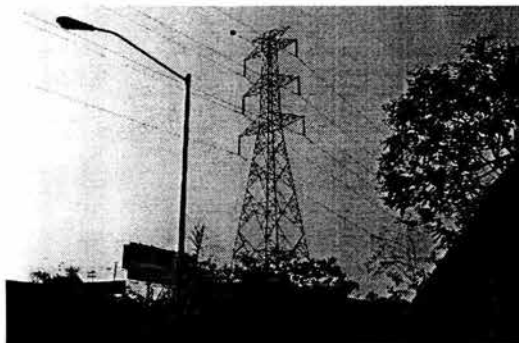
Cuando se siembren árboles dentro del derecho de vía, deben ser especies cuya altura de crecimiento se puede mantener sin afectación a su aspecto y sin riesgo para el propio árbol y la línea existente.

## **ENTREGA DE LA OBRA PARA SU OPERACIÓN**

Una vez terminada la obra resulta conveniente reunir la siguiente información formando los ejemplares que se convenga, para facilitar el trabajo del personal que la operará.

1. Inventario físico.
2. Resumen y plano de conjunto con numeración definitiva de estructuras.
3. Lecturas de resistencia al pie de la estructura, sin cable de guarda.
4. Relación de convenios y pagos de afectaciones por servidumbre de paso y bienes distintos a la tierra.
5. Copia de permisos de alineamiento, construcción y resolución favorable.
6. Planos de proyecto definitivo.
7. Acta de entrega.

Esto será aplicable para todos los tipos de construcciones de líneas de transmisión.



Línea de transmisión en operación

## **CAPÍTULO III**

### **INGENIERIA BASICA Y PROYECTO.**

El estudio del sistema eléctrico define la estructura de la red de líneas de transmisión y su evolución para responder a la demanda requerida en la República Mexicana, por lo que se tendrá que aplicar nuevas técnicas de construcción y la tendencia a solucionar satisfactoriamente, la calidad de transmisión de energía, por lo cual la ingeniería básica juega un papel muy importante en este tipo de construcciones y en si en toda la ingeniería.

#### **III.1.- SELECCIÓN DE TRAYECTORIA**

La selección de la ruta para la línea de transmisión es de suma importancia, puesto que es la base de un buen diseño: de una adecuada selección de trayectoria, depende la economía fundamental del proyecto y construcción, así como la operación confiable y el mínimo impacto ambiental.

Los criterios básicos para la evaluación de la ruta, dependen y varían de acuerdo a factores como:

- La tensión de la línea; menores de 230, 230 y 400 KV.
- La topografía predominante, considerando el tipo de terreno (plano, lomerío o montañoso).
- Las condiciones meteorológicas; precipitaciones pluviales, descargas atmosféricas, tormentas, tornados, masas de aire, ciclones.
- El uso de suelo; agrícola, pecuario, forestal, industrial, urbano, turístico.
- La vialidad de apoyo; autopistas, carreteras pavimentadas, terracerías, brechas.
- El tipo de asentamientos humanos y su probable expansión; ciudades, poblados rancherías, caserío aislado y asentamientos irregulares.
- El tipo de vegetación: desértica, pastizales, bosque, selva, manglar, palmares, cultivos, huertos.
- La factibilidad para adquirir el permiso de paso y la protección ambiental; apegándose a la reglamentación en materia ecológica y ambiental (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, y su Reglamento).

A su vez para la selección de la ruta se deben considerar algunos preceptos tales como:

- La mejor longitud posible, basándonos en el principio geométrico de que la distancia más cercana entre dos puntos es la línea recta.

- El menor número de puntos de inflexión.
- Evitar el menor número de cruzamientos con líneas de transmisión, vías de ferrocarril, carreteras y ríos; facilidad de construcción.
- Cercanía a carreteras y caminos de terracería para facilitar la construcción, revisión y mantenimiento, evitando con esto la creación de nuevos accesos que pudieran afectar la estabilidad de ecosistemas.
- Evitar el paso por bosques, huertas, zonas selváticas y agrícolas.
- Evitar lagunas, esteros, pantanos, ríos, zonas inundables y playas.
- Alejarse de la contaminación marina e industrial así como de terrenos erosionados o agresivos.
- Evitar pasar cerca de zonas turísticas, arqueológicas o de valor histórico y áreas naturales protegidas.
- Pasar lo mas razonablemente alejado de núcleos de población.
- Y cumplir con todas las leyes, reglamentos y recomendaciones del Instituto Nacional de Ecología, de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) en materia de protección ambiental, así como de los demás organismos públicos, federales, estatales o municipales; del mismo modo con el acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos, para la selección y preparación de sitios y trayectorias, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión.



Selección de trayectoria

Conjuntamente se realiza una inspección de campo para determinar la factibilidad de la trayectoria apoyándose en la siguiente información:

- Cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).
- Planos de desarrollo urbano y planos directores.
- Reconocimiento de lugares estratégicos, estados, ciudades, poblados, rancherías, caseríos, etc.
- Posición física de las instalaciones eléctricas, en operación y futuras.
- Carreteras, vías de FF.CC., aeropuertos, presas, etc., operando y en proyecto.
- Desarrollos industriales, habitacionales y turísticos.
- Zonas de bosque, selva, pastizales, manglares, sembradíos de alto valor, etc.
- Áreas naturales protegidas, como parques nacionales, reservas de la biosfera, reservas especiales de la biosfera, zonas arqueológicas, zonas de interés histórico.
- Zonas de contaminación marina, industrial o agrícola como la quema de caña.
- Zonas inundables o propensas a inundación.
- Vientos dominantes y algunos datos meteorológicos.
- Formación del plano general de trabajo y trazo de rutas opcionales, con base a la información obtenida.

El plano general de trabajo es la información recabada y registrada tanto en las actividades de gabinete como de campo. Dentro del plano general de trabajo es importante:

- Actualización en campo del plano de trabajo, registrando en el todas las nuevas obras de infraestructura y asentamientos humanos e industriales, así mismo las instalaciones eléctricas más importantes, realizando un levantamiento de todas las subestaciones eléctricas de la zona.
- Reconocimiento terrestre, en forma detallada, de todas las opciones de ruta consideradas y de las que surjan como factibles durante esta fase de estudio.
- Reconocimiento aéreo de las opciones de ruta, ya afinadas después del recorrido terrestre, principalmente cuando las características físicas del terreno no sea posible el acceso terrestre.
- Recopilación de opiniones y sugerencias relativas a las opciones de la ruta, de las diversas áreas de operación y construcción del organismo encargado del sector eléctrico, así como de los organismos federales, estatales y municipales.
- Evaluación preliminar de opciones, en donde se considera principalmente los aspectos técnicos y ambientales analizados en campo.

Con lo anterior se procede a la evaluación de las alternativas y a la selección de la trayectoria, teniendo en cuenta:



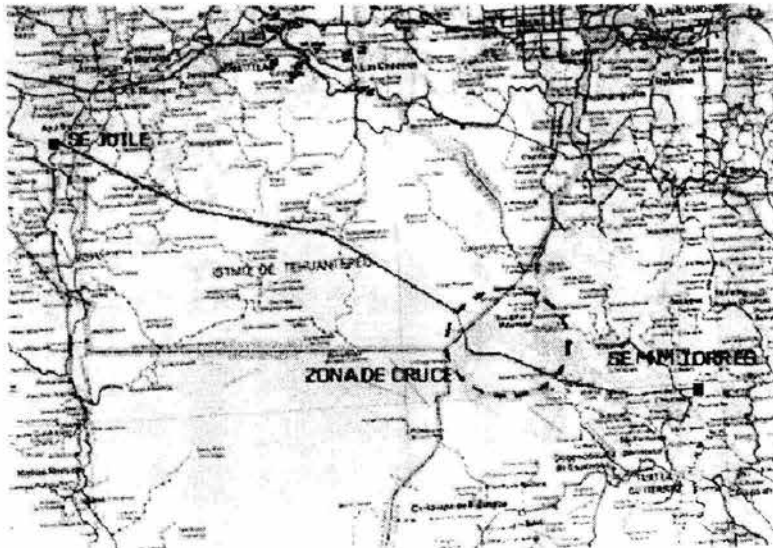
- Análisis comparativo técnico-económico y socio-ambiental de las trayectorias consideradas.
- Ajuste en gabinete de los ángulos de deflexión y tangentes y selección de la trayectoria definitiva.

Se procede inmediatamente a la elaboración del plano general de localización de trayectoria, ya actualizado con la información de campo y la trayectoria definida, generalmente sobre un mosaico de cartas topográficas a color, escala 1 : 50,000 editadas por el INEGI. También pueden indicarse la trayectoria sobre fotogrametrías, ortofotografías, fotos a escala no rectificadas, planos urbanos, etc. Las dimensiones de tal mosaico se procuran que sean de 28 a 56 cm a lo ancho; el largo, según sea la longitud de la línea. En líneas muy largas o con direcciones muy variables, es conveniente formar el plano en dos o tres hojas.

Al plano ya formado, se le adicionaran, entre otros, los siguientes datos:

- Trayectoria de la línea en proyecto.
- Coordenadas geográficas.
- Líneas de transmisión de 115kV y mayores, y sus destinos en caso de que no aparezcan en el plano.

Se efectúa la distribución del plano general de localización de trayectoria a diversas áreas del órgano encargado del sector eléctrico en el que se contempla la ruta o trayectoria por donde se construirá la línea de transmisión.



Topografía y selección de trayectoria de L. T.

### **III.2.- INGENIERÍA BÁSICA**

En la ingeniería básica se definen los aspectos necesarios de la obra, está formada por el esquema unifilar, los esquemas de principio de la lógica del proyecto las plantas y cortes básicos, los criterios de diseño a aplicar, las especificaciones básicas es por esto que se dificulta fijar un claro límite entre ingeniería básica y la ejecutiva de detalle, pero debe recordarse que la ingeniería de detalle es finalmente la que proyecta las soluciones que se construyen.

En esta etapa del desarrollo se deben de determinar los factores que influyen en el proyecto ejecutivo y permitan el desarrollo sin pérdidas de tiempo.

En este momento en que se debe determinar las condiciones ambientales, las hipótesis de cálculo a utilizar, y en particular las normas, los coeficientes de seguridad, o los valores aceptables si se aplican criterios probabilísticas.

En consecuencia, se dice que la ingeniería básica es también considerada para realizar todo tipos de proyectos y tomando en cuenta que de lo que se habla es de la construcción de líneas de transmisión, se debe considerar lo siguiente:

#### **LA SELECCIÓN DE TRAYECTORIA.**

El criterio que se adopta para cada uno de los conceptos que se toman en cuenta para la evaluación de la ruta y que depende y varía de acuerdo a los siguientes factores:

Entre las múltiples actividades que se tienen que realizar como Ingeniería básica, es la de construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica, funcional, al menor costo posible y con el mínimo impacto ambiental y social.

El propósito de los proyectos de transmisión, es dar a conocer los principales criterios para analizar, evaluar y seleccionar la trayectoria de las líneas de transmisión de energía, entendiéndose como tales, aquellas que sean para tensiones de 115 kv o mayores, las de menor tensiones es decir, las líneas de distribución, generalmente no siguen la mayoría de los lineamientos y criterios que se expresan mas adelante.

El estudio, la evaluación y la definición de la ruta es de suma importancia, puesto que la base de un buen diseño, de una económica construcción y por ende, de una operación sin contratiempos, si a esto le agregamos la previsión de los problemas de tipo social e indemnizaciones, evidentes y potenciales, así como la consideración de diversas medidas encaminadas a la minimización del impacto ambiental, podemos concluir que: de una adecuada selección de trayectoria, depende la economía fundamental del proyecto y construcción, así como la operación confiable de una línea de transmisión.

## **CRITERIOS BÁSICOS**

El criterio que se adopta para cada uno de los conceptos que se toman en cuenta para la evaluación de la ruta, depende y varía de acuerdo con los siguientes factores:

- Tensión de línea.
- Topografía predominante
- Uso de suelo
- Vialidad de apoyo
- Tipo de asentamientos humanos y su probable expansión
- Tipo de vegetación
- Factibilidad y facilidad para adquirir el permiso de paso
- Protección ecológica

## **CONCEPTOS RECOMENDABLES (SEMARNAT)**

- La mejor trayectoria posible
- El menor número de puntos de inflexión
- El menor número de cruzamientos con líneas de transmisión, vías de ferrocarril, carreteras y ríos.
- Facilidad de construcción
- Cercanía y caminos de terracería para facilidad de construcción, revisión y mantenimiento, evitando esto la creación de nuevos accesos que pudieran afectar la estabilidad de los ecosistemas.
- Evitar bosques, huertas sembradías de alto valor y preferentemente no cruzar por zonas selváticas y agrícolas.
- Evitar lagunas, pantanos, ríos, zonas inundables y playas.
- Alejarse de la contaminación marina e industrial así como terrenos erosionados o agresivos.
- Evitar pasar cerca de zonas turísticas, en funciones o evidentemente potenciales, así como por las zonas ecológicas o de valor histórico
- Pasar lo más razonablemente alejado de núcleos de población.
- Considerar el uso de postes tubulares, de mejor estética cuando por la función propia de la línea de transmisión se tenga que pasar por poblaciones o zonas turísticas, esto minimizará el impacto visual y el derecho de vía respectivo.
- Cumplir con todas las leyes, reglamentos y recomendaciones de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología en materia de protección ambiental, así

como las de los demás organismos públicos y federales, estatales o procedimientos y actividades principales que se desarrollan.

Las actividades que a continuación se mencionan, en el orden que aparecen, bien pudieran definir el procedimiento a seguir para realizar el estudio, evaluación y selección de una trayectoria para la construcción de una línea de transmisión, refiriéndose a: actividades de gabinete, actividades de campo y evaluación de opciones, con lo que se selecciona la trayectoria definitiva:

Programación simplificada de la obra, fecha de entrada en operación y características indicadas en el programa de obras e inversiones del Sector Eléctrico.

Con base a un programa, se elabora el diagrama unifilar de la zona donde quede comprendida la línea por estudiar, incluyendo, tanto las obras en operación, como las futuras.

Recopilación de información general como:

- Cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)
- Posición física de las instalaciones eléctricas, en operación y futuras
- Carreteras, vías de ferrocarril, aeropuertos, presas, etc., operando en el área del proyecto
- Desarrollos industriales, habitacionales y turísticos
- Zonas de bosques, selvas, huertas, cañaverales, sembradíos de alto valor, etc.
- Áreas naturales protegidas (parques nacionales, zonas arqueológicas, reservas de la biosfera, etc.)
- Zonas de contaminación marina, industrial o agrícola (quema de caña).
- Zonas inundables.

Formación del "plano general" preliminar y trazo de rutas opcionales, con base a la información obtenida.

### **Actividades de campo**

Actualización del "plano general", registrando en el todas las nuevas obras de infraestructura y asentamientos humanos e industriales.

Reconocimiento terrestre, en forma detallada, de todas las opciones de la ruta consideradas y de las que surjan como factibles durante esta fase del estudio.

De ser posible y conveniente, reconocimiento aéreo de las opciones de ruta, ya afinadas después del recorrido terrestre.

Recopilación de opciones y sugerencias relativas a las opciones de ruta, las diversas áreas de operación y construcción, así como los federales, estatales y municipales.

## **SELECCIÓN DE LA TRAYECTORIA DEFINITIVA**

El análisis comparativo técnico-económico y ecológico de las trayectorias consideradas, tomando en cuenta los factores ya descritos.

Selección de la trayectoria definitiva.

La selección de trayectoria definitiva. Elaboración del proyecto definitivo oficializado ante las autoridades correspondientes y sus autorizaciones nos lleva a que la empresa que realice la construcción de la línea tendrá que distribuir el proyecto a las diversas entidades federativas, en el que se contempla la ruta o trayectoria por donde se construirá la línea de transmisión.

## **ESTUDIOS GEOTÉCNICOS**

Con el estudio geotécnico a lo largo de una línea de transmisión se pretende, primero, obtener información de carácter regional sobre el tipo de suelos en la trayectoria de la línea, que permita identificar problemas potenciales típicos asociados a los mismos como pueden ser: problemas de estabilidad de laderas, constructivos, susceptibilidad a la erosión, capacidad de carga, etc.

Según la información que permita establecer parámetros para diseño y construcción de la cimentación de las estructuras que integran la propia línea.

Al ser las líneas de transmisión proyectos que se desarrollan longitudinalmente, en la mayoría de las veces cubriendo grandes distancias y estando integrados por un gran número de estructuras de relativa envergadura y carácter puntual en la trayectoria de la línea, constituye un caso particular la realización de estudios geotécnicos que permitan contar con la información más completa posible para fines de diseño y construcción.

El objetivo relativo a la identificación, calificación y uso de materiales de construcción para la cimentación de las estructuras (agregados, agua, cemento, etc.) así como los cuidados y controles que deben tenerse presentes en la construcción.

## **ETAPA PRELIMINAR**

Con base en los estudios sobre la expansión del sector eléctrico, del desarrollo de líneas de transmisión con diferentes capacidades, generalmente el proyecto de líneas, con voltajes superiores a 230 kv o voltajes menores por la metodología establecida, por la que se define la trayectoria que deberá seguir la línea, la cual se indica en las cartas topográficas del INEGI, definiéndose de esta manera, en forma aproximada, puntos de inflexión y tramos en tangente.

Cuando esta información generada paralelamente a la solicitud del estudio topográfico sobre la trayectoria definida como se indico antes, los planos de la trayectoria donde se identificarán los problemas geotécnicos mayores. Están realizados con base a la información cartográfica de topografía y geología publicada por el INEGI, si se juzga necesario se realizarán recorridos parciales a la trayectoria, en algunas ocasiones en los estudios geológicos que integran a la Ingeniería Civil. Para esto se requiere que esté definido el trazo de la línea en campo (puntos de inflexión y tangentes). Como resultado de estos recorridos puede recomendarse el cambio de trazo.

Si de la revisión en gabinete no se vislumbran problemas geotécnicos mayores, ya definido el trazo en el campo, y se excaven pozos a cielo abierto para exploración del subsuelo hasta de 4 m de profundidad, se encuentra el nivel de aguas freáticas y no se pueda achicar fácilmente.

La ubicación de estos pozos se solicita en los puntos de inflexión, a distancias de 2 a 4 Km. en tangentes o bien en donde el personal de campo identifique superficialmente cambios en las características del terreno.

Si la revisión permitió la identificación de suelos con posibilidad de baja resistencia, se programa una exploración profunda que se realizará tan pronto se cuente con el trazo en el campo o de preferencia que se tenga definida la posición de las estructuras.

Se dan pasos para que la información que se obtiene durante la etapa de estudio topográfico y definición de trazo en campo, se mejore efectuando un recorrido total de la línea por personal capacitado con apoyo de equipo manual (pala, pico, posteadores, barretas, etc.), pudiera establecer un perfil geotécnico de la trayectoria identificando los materiales desde el punto de vista de atacabilidad, datos de suma importancia, para la cotización del trabajo y planeación de su construcción.

## **LABORATORIO Y PRUEBAS**

Como se mencionó anteriormente, los trabajos de exploración se inician con la excavación de los pozos a cielo abierto o según sea el tipo de proyecto en cuestión, o bien con la ejecución de sondeos si se trata de suelos blandos.

En el primero de los casos se realiza un recorrido de la línea, inspeccionando los pozos con la finalidad de establecer las condiciones estratigráficas y características de los materiales existentes, estableciendo su clasificación mediante procedimientos de campo. Si se juzga necesario se realiza pruebas de campo con equipo manual para determinar parámetros de resistencia de los suelos existentes, se toman muestras representativas, alternadas o continuas para su análisis en laboratorio, además de identificar el nivel de aguas freáticas en pozos cercanos, en caso de existir.

Si la exploración es mediante sondeos profundos, éstos generalmente son del tipo de penetración estándar, recuperando muestras alteradas representativas de los diferentes estratos además de identificar la posición del nivel freático, si existe a la profundidad explorada. Se profundizan hasta penetrar algunos metros en depósitos con resistencias a la penetración de 50 golpes. El equipo utilizado consiste, siempre que se puede, en perforadoras rotatorias montadas en esquíes y apoyadas directamente en el terreno o en chalanes si la zona se encuentra inundada y es posible la flotación del chalán.

Para el caso de suelos blandos la exploración se realiza preferentemente en el sitio de cada estructura si estos están definidos. Dependiendo de las características estratigráficas del subsuelo los sondeos se espacian omitiendo la exploración bajo cada estructura y restringiéndola como mínimo a los puntos de inflexión.

Las muestras que se obtienen en esta etapa se trasladan al laboratorio de Mecánica de Suelos en la Ciudad de México o a alguno de los laboratorios que operan en los proyectos de construcción y que son supervisados. Se clasifican los suelos mediante terminación de propiedades índice y en su caso se realizan pruebas para determinar propiedades mecánicas en muestras inalteradas, principalmente de resistencia.

Cuando en algún tramo de la línea se presenta roca a poca profundidad (del orden de dos metros) o ésta aflora en superficie, se juzga la posibilidad de utilizar pilones de concreto anclados a la roca como cimentación para tomar las fuerzas de tensión a que estén sujetas las estructuras en sus apoyos. Si esto es posible se solicita la instalación de anclas constituidas por varillas corrugadas, proporcionándose a la Residencia las especificaciones correspondientes. Se toman muestras de la roca para su identificación y determinación de la resistencia en compresión simple.

Una vez instaladas las anclas, se procede a la ejecución de pruebas de extracción de las mismas.

Se aprovecha la ocasión para la verificación por muestreo de anclas que se instalan en el proceso de construcción.

En este caso en particular por las características propias del subsuelo (presencia de oquedades, suelos blandos intercalados en lajas de rocas, rocas blandas y en ocasiones presencia de cavernas), se ejecuta la exploración con una máquina de rotopercusión en la etapa del estudio geotécnico.

## **CONTROL DE CALIDAD**

Esta actividad, aunque no forma parte del estudio geotécnico propiamente, constituye la verificación del cumplimiento de las condiciones consideradas en el diseño para el logro de un buen comportamiento de la estructura, condiciones que

para cada caso particular están contenidas en las recomendaciones y deben estar en las especificaciones de construcción de la línea.

En líneas de transmisión, desde el punto de vista geotécnico, el control de calidad se debe ejecutar en: la preparación de las superficies de apoyo de cimientos; la ejecución de relleno de excavaciones, incluyendo la selección, preparación y compactación de material para lograr los pesos volumétricos considerados, además de evitar que las excavaciones mal rellenas constituyen una fuente de acumulación de agua por infiltración directa en ellos;

La construcción de cimientos especiales en su hincado si son pilotes o en su construcción si son pilas; y en la instalación de anclas.

Lo anterior se logrará capacitando personal de las Residencias, estableciendo un control de calidad adecuado como ocasionalmente se ha llevado a cabo para algunas áreas de cimientos especiales o anclados, habiéndose descuidado en líneas con cimentación mediante zapatas en donde verificaciones hechas con posterioridad a la construcción o en caso de fallas se ha demostrado la utilización de materiales no adecuados en el relleno de las excavaciones y compactación deficiente del mismo.

## **CIMENTACIONES**

Uno de los problemas más frecuentes con que suele encontrarse el ingeniero en líneas de transmisión y subestaciones es el que presenta el terreno sobre el que tienen que desplantarse las diferentes estructuras que conforman un proyecto dado. La calidad y tipo de terreno o suelo establece el tipo de cimentación adecuado para desplantar la estructura.

Igualmente importante, es la determinación de sustancias agresivas que contiene el suelo (cloruros, sulfatos, etc...) y que en ciertas cantidades pueden agredir a los concretos que están en contacto con él, provocando su deterioro y en casos extremos su destrucción.

Lo anterior conlleva la necesidad de tener una serie de consideraciones desde la localización de bancos hasta el diseño de mezclas y colocación de concreto describiéndose someramente a continuación.

## **LOCALIZACIÓN DE BANCOS DE AGREGADOS**

Mediante la exploración de cercanías se establecen las fuentes probables de agregados (lo deseable será contar con agregados naturales por las grandes ventajas que tienen estos sobre los manufacturados); se determinan sus propiedades físicas (granulometría, pérdida por lavado, peso volumétrico, densidad y absorción) y químicas (reactividad con los alcaloides del cemento).

En este se deben tomar muestras de suelo y agua que se pretenda utilizar, para determinar su grado de agresividad hacia el concreto.



## **SELECCIÓN DEL CEMENTO**

Normalmente los materiales existentes en los ríos de nuestro país presentan rocas como son la riolita, andesita, grava, por citar algunas que son reactivas, con las calizas del cemento; las rocas calizas; y basálticas son, por el contrario, normalmente inofensivas aunado, no necesariamente a esto, el suelo y/o el agua puede tener sustancias dañinas al concreto (sulfato, cloruros, ácidos etc.).

Vía estudios preliminares, de tenerse cualquiera de la condiciones expuestas, deberá recurrirse al uso de cemento pórtland puzolánico IX modificado (bajos álcalis y moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos).

## **ACERO DE REFUERZO**

La resistencia y comportamiento de el concreto reforzado depende en gran medida de la adherencia entre el acero y el concreto esto significa que el acero debe estar en buenas condiciones cuando el concreto se coloque a su alrededor; por lo que el acero debe permanecer libre de arena, polvo, escamas de oxido, concreto endurecido suelto, y en general de cualquier sustancia que afecte y/o reduzca la adherencia mencionada es indispensable que el acero quede fijado correctamente en el concreto y que además tenga el recubrimiento especificado en los planos de proyecto ya que de no darse esta condición. El concreto se agrieta, el refuerzo se oxida, se expande y finalmente se descara el concreto pudiendo desencadenarse un proceso de desintegración de la estructura.

## **FABRICACIÓN DE CONCRETO**

La fabricación del concreto en líneas de transmisión se efectúa al pie de obra este método consiste en transportar reducidas cantidades de materiales y una revoladora portátil al sitio de cada colado y en donde los agregados se dosifican por volumen o por peso (báscula portátil) el agua por volumen y el cemento en sacos.

Bajo este procedimiento resulta recomendable tomar medidas básicas de control, como son; estibar el cemento sobre tarimas y protegerlo de el ambiente con lonas de plástico para evitar su hidratación ya que este fenómeno reduce la resistencia de el cemento; almacenar los agregados separadamente en pilas colocando mamparas divisorias para evitar contaminación entre si; es deseable que la arena cuente con protección en el caso de lluvia para evitar el exceso de humedad o saturación del material, lo que repercute en modificaciones indeseables en las mezclas, así como el almacenamiento del agua y tener sumo cuidado de que ésta no presente turbiedad (contenido de arcilla y/o limo) ya que esta característica del agua será probablemente la causa de bajas resistencias y potencialmente de algunos agrietamientos por construcción.

La adición correcta de cada material es un aspecto destacado ya que el concreto debe producirse uniformemente de bacha a bacha.

Si una mezcla esta seca y la siguiente húmeda, la resistencia de concreto será irregular y la variación en la trabajabilidad creará problemas para las personas que cuelan y compactan el concreto.

Para que el concreto quede mezclado completamente debe considerarse el siguiente orden de dosificación de los materiales.

Se debe dosificar aproximadamente el 80% de agua de la mezcla, vaciando posteriormente el agregado grueso, la arena y el cemento, dosificando finalmente el agua restante.

El tiempo de mezclado para revolvedoras de medio a o un saco de cemento (85 y 170 litros, respectivamente) debe de ser de un minuto o bien, el tiempo necesario para que la revolvedora alcance un mínimo de 20 revoluciones.

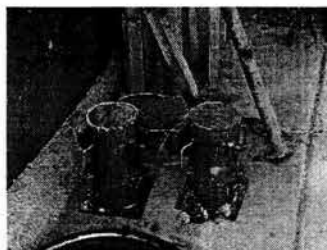
Cuanto más agua tiene una mezcla más problema tendrá el concreto (menos resistencia, mayor contracción, mayor permeabilidad etc....)

Considerando lo anterior, es conveniente utilizar revenimientos adecuados: 12+/- 2 cm. Para colados de mucho contenidos de acero o zonas estrechas de difícil acceso y, de 8 +/- 2cm para colados de fácil colocación y compactación.

Para controlar la consistencia del concreto es necesario efectuar pruebas de revenimiento frecuentemente a lo largo del colado, debiendo desechar toda aquella mezcla que este fuera del rango especificado.

## **TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO**

En los colados de pie de obra, dosificación a volumen, el transporte y la colocación se efectúan normalmente con carretillas; estas deben estar provistas de llantas neumáticas para reducir el efecto de las sacudidas, las cuales provocan segregación en el concreto. En su manejo será conveniente definir el trayecto de ida y de regreso por lo que se tendrá que mejorar el terreno para establecer una circulación continua y acondicionar la superficie de rodamiento y los puntos de descarga del concreto para obtener buenos resultados en los colados.



Muestras de concreto para su prueba a compresión

## **COLOCACIÓN CON CANALONES**

El empleo de canalones en el vaciado de concreto no es una práctica recomendable porque produce segregación e induce la necesidad de incrementar la fluidez de las muestras para que deslicen. Como en este tipo de obra no es justificable (la mayoría de las veces) el empleo de equipo sofisticado, deben tomarse en consideración ciertas medidas que aminoren los efectos adversos mencionados, estas medidas pueden consistir en: elaborar canalones metálicos de sección semi-circular (no rectangular o trapecial) que tengan una pendiente entre  $35^{\circ}$  a  $45^{\circ}$ ; en los cambios de dirección deben colocarse los deflectores necesarios que fuercen al caer verticalmente sobre el siguiente cuadro de canalón y al extremo final de el último canalón, colocar un embudo para garantizar la caída vertical de el concreto a la forma.

## **COLADOS POR GRAVEDAD**

Este colado se emplea frecuentemente en colado bajo el agua, el método consiste en depositar el concreto bajo la superficie del concreto fresco colocado anteriormente; la mezcla fluye por un tubo/embudo, hacia fuera desde el fondo de el tubo, empujando de esta manera el concreto exterior hacia arriba.

El concreto colocado por tubo/embudo se emplea para colados de estructuras como pilar de punta, pilotes, muros en diques etc.

## **COMPACTACIÓN DE CONCRETO**

Una vez que el concreto ha sido transportado y colocado contiene aire atrapado en forma de vacíos. El objetivo del vibrado o compactación del concreto es eliminar la mayor parte de aire atrapado.

Es importante reducir la cantidad de vacíos por las siguientes razones:

Los vacíos reducen la resistencia del concreto (por cada 1% de aire atrapado la resistencia se reduce hasta un 5%) e incrementan la permeabilidad, lo que a su vez reduce la durabilidad, si el concreto no es compacto e impermeable, no será resistente al agua y aumentará la probabilidad de que la humedad llegue al acero y cauce su corrosión; a su vez, reducen el contacto entre el concreto y el acero de refuerzo lo que ocasiona pérdida de adherencia.

Cuando una mezcla es vibrada se fluidifica y se reduce la fricción interna entre las partículas de los agregados. Esta fluidificación hace que el aire atrapado emerja a la superficie y que el concreto resulte denso y de mayor resistencia.

El tiempo que debe permanecer el vibrador en el interior de la masa en cada inmersión debe variar de 5 a 10 segundos, y la distancia entre cada punto de aplicación de vibración al concreto dependerá del tamaño y frecuencia del equipo, sin embargo, la separación de cada punto de inmersión será entre 20 y 45 cm.

## **CURADO DE CONCRETO**

Al mezclarse el cemento con agua, ocurre una reacción química llamada hidratación, esta reacción es la que hace que el concreto se endurezca y después alcance su resistencia, este desarrollo de resistencia solo se observa si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable los primeros días.

El concreto que se cura correctamente es superior en muchos aspectos, no solo es más resistente y más durable bajo ataques químicos si no que es más resistente al desgaste y más impermeable. Los métodos de curado mas comunes en nuestro medio son: la aplicación de membrana o bien el riego húmedo por espacio de tres días por lo menos.

Las membranas de curado son productos que deben de aplicarse por aspersión y que son rociados a base de ceras o bien de derivados del petróleo, observándose que en los primeros son más eficientes. El curado húmedo debe de realizarse ininterrumpidamente ya que si el concreto se llega a secar se acabara su proceso de adquisición de resistencia.



Curado de muestras de concreto

## **DISEÑO DE LINEAS DE TRANSMISIÓN.**

En el diseño de líneas de transmisión la información inicial que se toma en consideración es la que proporciona en el programa de obras e Inversiones esta información es la siguiente:

1. Entre las subestaciones se requiere construir líneas de transmisión que las ligue.
2. Tensión de operación
3. Número de circuitos

4. Longitud aproximada
5. Cable conductor
6. Tipo de estructuras

Con esta información, el plano de trayectoria general y la estadística meteorológica de la Republica Mexicana se obtienen los siguientes datos necesarios para el diseño:

1. Altitud sobre el nivel de mar
  - máxima
  - mínima
  - media
2. Temperaturas anuales
  - máxima
  - mínima
  - media
3. Velocidad del viento
  - máxima para un periodo de recurrencia de 10 años
  - máxima para un periodo de 50 años
4. Niveles de contaminación
5. Agresividad del terreno y del ambiente (corrosión)
6. Densidad de los rayos

La información obtenida se emplea para efectuar los trabajos iniciales del diseño:

1. Selección de las estructuras a utilizar
2. Determinación de la cantidad y tipo de aisladores que se instalarán en las cadenas
3. Protección anticorrosiva en cables, estructuras y herrajes
4. Tensiones mecánicas en cables conductores y de guarda,
  - máxima
  - mínima
  - media

## **PLANTILLA PARA LA LOCALIZACION DE ESTRUCTURAS**

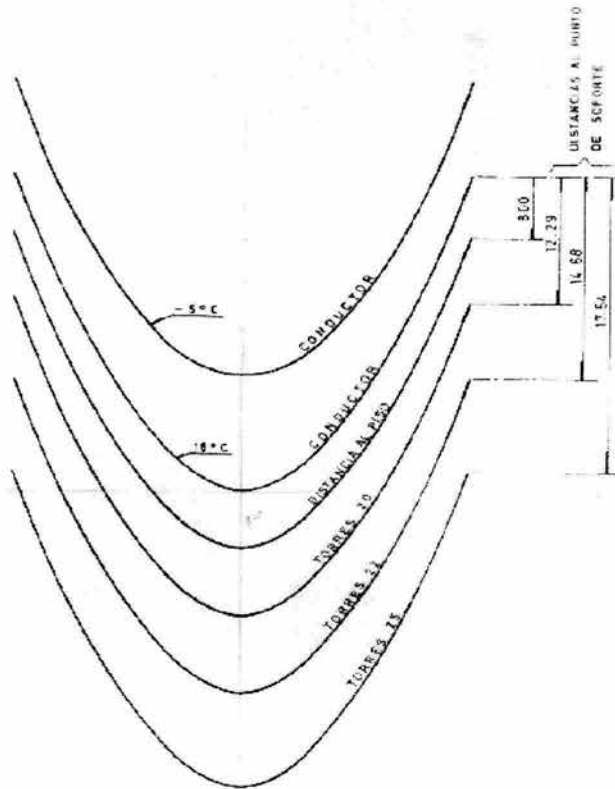
Se denomina "plantilla" al instrumento que utiliza el ingeniero proyectista para localizar las estructuras en el levantamiento topográfico de la línea de transmisión.

La plantilla está formada por una serie de curvas que obedecen la ecuación de la catenaria, los factores que intervienen en el cálculo de estas curvas son:

1. Distancia longitudinal (claro interpostal).
2. Tensión mecánica del cable.
3. Peso del cable.

Las curvas de la parte inferior son una serie de paralelas calculadas considerando la tensión mecánica a  $50^{\circ}$  c del cable, la segunda presenta el libramiento mínimo de seguridad que debe representarse y las demás curvas representan distintas alturas de estructura.

La curva de la parte superior representa el comportamiento del cable bajo la tensión mecánica que se tendrá bajo las condiciones más críticas de trabajo y se utiliza durante el diseño para comprobar que no se presente el fenómeno de "levantamiento" en alguna estructura.



Plantilla para localización de torres en L. T.

## LOCALIZACIÓN Y SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS

Esta es la etapa de diseño que más influye en el costo de línea de transmisión. Al realizar esta actividad es necesario lograr la ubicación óptima de las estructuras en el levantamiento topográfico, teniendo presente siempre los siguientes factores:

- Lograr las mayores distancias con las estructuras más ligeras
- Evitar accidentes del terreno que dificulten la construcción.
- En zonas de cultivo y bosques instalar las menos estructuras posibles dejar libramiento suficiente para evitar dañar los cultivos, localización de las estructuras, después de efectuada el levantamiento topográfico, se obtiene para cada una de ellas.
- Altura de la estructura.
- Claro de viento.
- Claro de peso.
- Angulo de deflexión.

Con la información obtenida se determina el tipo de cada una de las estructuras de toda la línea de transmisión.

Con todos los datos obtenidos se procede al llenado de hojas de distribución de estructuras, las cuales forman un documento de consulta rápida tanto para el Ingeniero proyectista como para el constructor, una hoja de distribución de estructuras.

## LISTA DE MATERIALES Y EQUIPOS

Conociendo la longitud real de la línea de transmisión y la relación de todas las estructuras que se obtuvieron de los trabajos de localización, es posible determinar la cantidad de materiales y equipos de instalación permanente que se requieren para la construcción.

A las cantidades obtenidas se les adiciona un porcentaje que permite prever desperdicios y pérdida durante la construcción. En términos generales los porcentajes son los siguientes:

- |                   |    |
|-------------------|----|
| • Cable conductor | 5% |
| • Cable de guarda | 5% |
| • Aisladores      | 5% |
| • Torres de acero | 0% |
| • Herrajes        | 3% |
| • Amortiguadores  | 3% |

- Tornillos 3%

## **LISTADO DE FLECHAS Y TENSIONES**

Con los datos de las tensiones en cables utilizados en la determinación de las plantillas de localización de estructuras y las características de los cables conductor y de guarda se calcula las flechas (punto más bajo de la catenaria) y tensiones mecánicas de cable conductor y de guarda para cada claro interpostal y para cada temperatura que pueda presentarse en el proceso de tendido y tensionado de cables durante la construcción.

Los factores que intervienen en este cálculo son los siguientes:

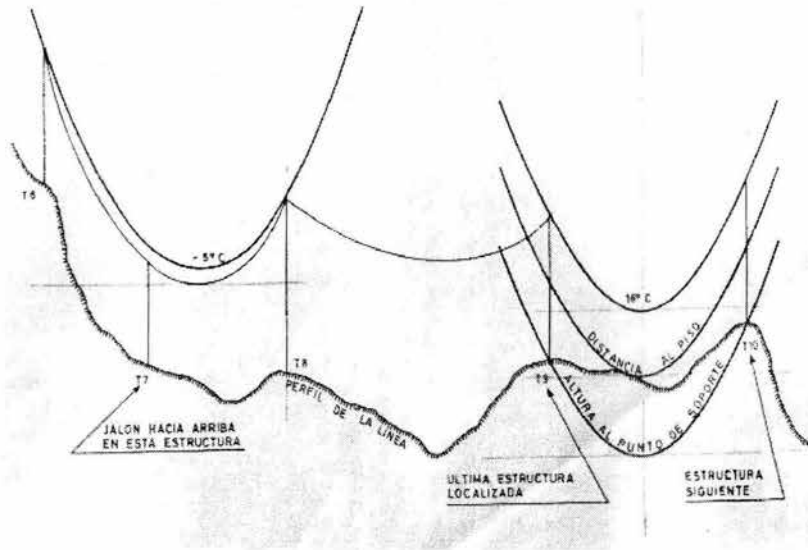
- Claro interpostal
- Desnivel entre apoyos de cable en estructuras adyacentes
- Numero de claros entre dos estructuras de anclaje
- Peso de carga
- Tensión mecánica del cable a las condiciones de diseño
- Velocidad del viento
- Temperatura máxima y mínima
- Posibilidad de formación de hielo
- Moduló de elasticidad del cable
- Coeficiente de dilatación térmica del cable

## **DETERMINACION DE EXTENSIONES**

Cuando el proyecto de la línea de transmisión determina que esta se construirá con estructuras de acero es necesario, para absorber desniveles del terreno, instalar módulos de distinta longitud en cada una de las patas de la estructura, estos módulos llamados extensiones permiten lograr el empotramiento necesario en cada una de las cimentaciones, sin afectar la altura de la estructura; para determinar las extensiones de cada estructura es necesario que sobre el terreno, los topógrafos las ubiquen según se indico en los planos de localización y obtengan los levantamientos de perfiles en cruz.

Con este plano y una plantilla de la pendiente de las diagonales de la estructura, elaboradas a la misma escala se obtienen las extensiones que deben instalarse, el dato de las extensiones de cada estructura se registra en las hojas de distribución de estructuras.





Plantilla para localización de estructuras

## CRUZAMIENTOS

Por ley debe solicitarse autorización a la dependencia correspondiente para poder llevar a cabo el cruzamiento de una línea de transmisión de energía eléctrica en vías de comunicación (carreteras, ferrocarriles, canales, navegables, etc.) el trámite es sencillo pero requiere de la elaboración de un plano a escala ampliada que indique las dos estructuras adyacentes al cruzamiento, la catenaria del cable conductor a temperatura máxima así como datos básicos de cables y estructuras y condiciones meteorológicas de la zona de cruzamiento.

## SISTEMA DE TIERRAS Y PROTECCIÓN CATÓDICA

El estudio del sistema de tierras y la protección catódica se efectúa a partir de el levantamiento de la resistividad del terreno y se lleva a cabo para lograr que todas las estructuras sean un camino fácil para drenar en el terreno las corrientes anormales ó extraordinarias, producto de sobré tensiones en la línea de transmisión.

Por otro lado en terrenos potencialmente agresivos al acero es posible determinar la instalación de ánodos de sacrificio que protejan las cimentaciones contra la corrosión.

Actividades que forman el diseño electromecánico de las líneas de transmisión, no se ha tocado más que ligeramente el aspecto matemático de las distintas actividades involucradas por considerar que correspondería a un análisis más profundo.

Sin embargo conviene resaltar el porqué de cada una de las actividades involucradas:

- Determinación de parámetros básicos

Una buena selección de las condiciones ambientales y técnicas que se utilizaran en el diseño es la base de una línea de transmisión que tendrá un comportamiento confiable.

- Plantilla para localización

Este instrumento debe elaborarse con la mayor precisión posible, ya que por las escalas que se utilizan en los planos de localización cualquier error puede ocasionar problemas en la localización de estructuras.

- Localización de estructuras y hojas de distribución

Esta actividad es la base de una línea de transmisión que sea económica sin afectar su confiabilidad.

Las hojas de distribución son un documento manejable de consulta tanto para el diseñador como para el constructor.

- Lista de materiales y equipo

Este documento proporciona las cantidades necesarias de materiales y equipos que deben ser asignados a las obras.

- Listado de flechas y tensiones

Es un documento fundamental para el tendido de cables y el constructor debe regirse por él, su no observancia puede ocasionar sobretensiones en los cables o libramientos escasos.

- Determinación de extensiones

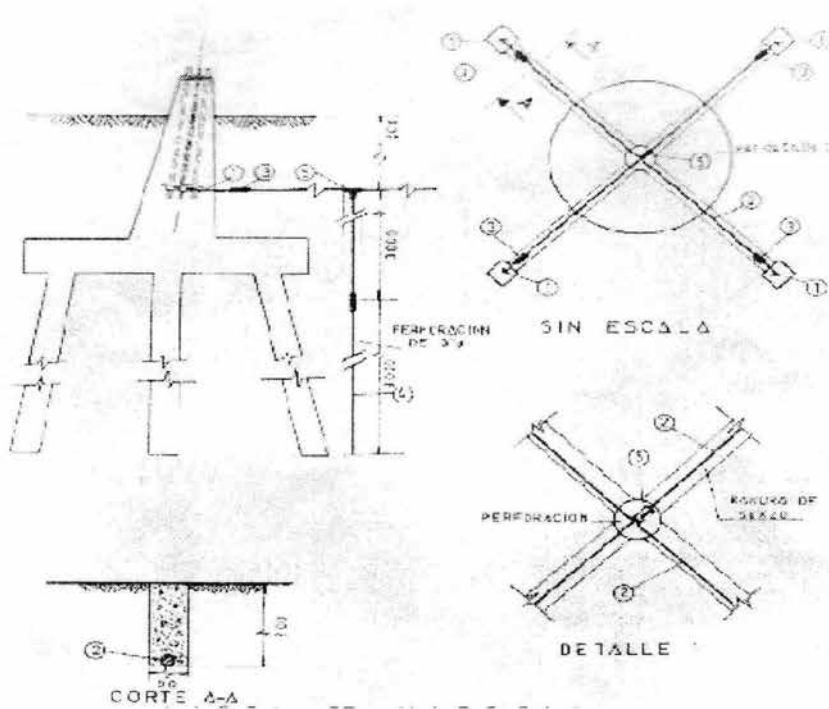
Esta actividad garantiza que las cimentaciones estén a la profundidad de diseño sin afectar la altura de sus cables.

- Cruzamientos

Actividad necesaria para cumplir los trámites burocráticos que marca la ley.

- Sistema de tierras y protección catódica.

Esta actividad ayuda a que la línea tenga un buen comportamiento eléctrico y prolonga su vida en zonas de ambiente agresivo.



Tipos de sistemas de tierras

### III.3.- PROYECTO.

Para poder realizar un proyecto de líneas de transmisión se tendrá que realizar un análisis general de lo que se pretende alcanzar con este proyecto el resultado que se quiere, tomando en cuenta la menor afectación de zonas boscosas medios de comunicación la flora y la fauna según los cruzamientos que se tengan que realizar y otros elementos que intervienen para incrementar su costo para los empresas del ramo, así mismo presenta una descripción de la estructura y las especificaciones

utilizadas en su proyecto de acuerdo a normas establecidas dentro de la construcción de líneas de transmisión y que son establecidas en las normas nacionales.

## **OBJETIVO DEL PROYECTO.**

El proyecto en la etapa de ingeniería básica define los objetivos, los cuales son:

- **Confiabilidad.** Ligada a equipos y tecnología que garantice un servicio largo y precisamente confiable.
- **Seguridad,** a la disposición física, y el diseño de línea de transmisión que deben proveer la máxima seguridad para el personal de operación y para servicio público.
- **Flexibilidad,** que permite enfrentar las condiciones de emergencia, las que exigen una operación para aprovechar al máximo la capacidad de los equipos.
- **Simplicidad,** que brinde máxima protección, facilite los ensayos y que requiera mínima instrucción.
- **Normalización (estandarización)** haciéndose máximo uso de equipo y construcciones intercambiables para minimizar repuestos y simplificar el mantenimiento.

Algunos de estos objetivos son contrapuestos. El límite depende de lo que se desea alcanzar en los restantes.

En la disposición de la solución constructiva se debe también considerar el acceso para el mantenimiento, ampliaciones, y todo esto sin sacrificar las restantes cualidades.

## **ALCANCE DEL PROYECTO**

Como en todo proyecto de ingeniería a efectuarse existen diversas ramas de conocimientos específicos que se unen para lograr, la realización de un proyecto de líneas de transmisión eléctrica, existen varios aspectos técnicos y administrativos a tratar dentro de los cuales se encuentran grupos de técnicos que encausan su especialidad para lograr el fin propuesto y la optimización del proyecto, ya que existen factores como:

- Tipo de terreno a ocupar por el proyecto de líneas de transmisión.
- Tipo de terreno por cruzar refiriéndose a la topografía, geología y a la mecánica de suelos.
- Distancias de acceso a los caminos donde se realizara la obra.

- La ubicación de terrenos especiales para colocar instalaciones de personal técnico, administrativo y operativo.
- La supervisión técnica que se encargará de todas las pruebas de laboratorio, y a la vez que se respete todo lo relacionado con el proyecto.
- Personal técnico quien será el encargado de la conducción de realizar toda la obra y cuidar que no falten planos, especificaciones técnicas, procedimientos constructivos.

Aspectos del proyecto desde el punto de vista de la Ingeniería Civil.

Del requerimiento de interconectar plantas generadoras de energía eléctrica con subestaciones, por medio de líneas de transmisión, resultan los siguientes temas a tratar:

Estudios y levantamientos topográficos, para lograr la ruta posible del proyecto de líneas de transmisión, teniendo en cuenta que:

- El trazo sea lo mas corto posible.
- Se trate de reducir el menor número de las deflexiones horizontales de la ruta.
- Se eviten los cambios fuertes de pendientes verticales para evitar deslaves.
- La línea pase por terrenos de menor costo.
- Los caminos de acceso a dicha línea sean cortos por razones de construcción de cimientos, montaje y mantenimiento.

Geológicos, estudiando la estratigrafía de las zonas posibles de ubicación de las torres.

De mecánica de suelos, procurando provisionalmente situar las estructuras que formaran las líneas de transmisión en terrenos resistentes de buenas características mecánicas, para diseñar alternativas de cimentaciones.

Ingeniería de control, (procedimientos):

- Planeando configuración de estructuras.
- Métodos de análisis y de diseño.
- Tipo de materiales y perfiles.
- Clase de carga, permanente y accidental.

De este modo optimizar, por medio de técnicas modernas, todas estas variantes, obtendremos posibles opciones y tomar decisiones más acertadas.

## **PLANEACION DEL PROYECTO.**

La planeación implica: determinar objetivos, seleccionar alternativas, analizar y decidir estrategias, fijar prioridades de estructuras, programas, elaborar presupuestos.

Su propósito fundamental es la toma de decisiones hoy. En función de sus consecuencias futuras en otras palabras: que debe de hacerse hoy para que las cosas que se desean ocurran en el futuro. La planeación inicial debe de ser poco a poco incrementada y ser cada día más precisa. La planeación principal se debe de concentrar en la construcción de bases de planeación viables para cada subsistema principal; los detalles se añadirán luego en la fase de la programación del proyecto.

En la dirección de un proyecto y en general de cualquier actividad administrativa, se desarrollan:

- Planes
- Políticas
- Programas
- Procedimientos
- Pronósticos y/o Proyecciones
- Presupuestos

### **Planes:**

Son instrumentos específicos de la planeación y significa la transformación de un pensamiento de ideas mas precisas para la realización de un suceso futuro, pueden referirse por ejemplo a un intento, un proyecto, una estructura o cualquier otra cosa que pueda en principio realizarse o llevarse a cabo.

La planeación más relevante para el caso de proyecto, es la planeación estratégica.

### **Políticas:**

Las políticas son normas generales que restringen la acción y son por lo tanto lineamientos que condicionan el comportamiento. Las políticas pueden ser generales o particulares. Las generales sirven de guía todos los integrantes de una entidad, y las particulares se establecen para una función específica o para un área en particular.

### **Programas:**

Los programas son planes que agrupan diversas actividades que han de ejecutarse para obtener un fin concreto, se caracterizan por determinar el factor "tiempo" en la realización de las actividades.

En la estructura de un programa se describen:

- Objetivos, Políticas, Procedimientos y Presupuestos(CALIDAD)
- Actividades a Desarrollar
- Tiempo esperado para cada actividad
- Costos de actividades y del programa total
- Recursos humanos, materiales, técnicos y financieros necesarios
- Personas o entidades responsables del programa

### **Procedimientos:**

Corresponden a los métodos a seguir para la realización de una cosa y comprende un conjunto de pasos en donde se realizan ciertas actividades, y al realizarse todas las actividades en el orden previsto se obtendrá lo perseguido.

### **Pronósticos y/o Proyecciones:**

Tanto los pronósticos como las proyecciones son estimaciones de un hecho, sin embargo las proyecciones usualmente se calculan en base a alguna tendencia histórica aplicado algún método científico, como fue el caso de la proyección de demanda o pronósticos de demanda.

Los presupuestos son estimaciones futuras en donde existen un agregado, generalmente monetario, con un desglose mas pequeño del tiempo, por ejecutar mensual, realizándose presupuestos anuales desglosados por el mes, que pueden ser de ingresos o de egresos.

### **Planeación estratégica:**

La planeación estratégica es un aspecto relevante de la fase de planeación. No solo planea por planear, si no planea con un sentido, una visión, una dirección eso es "planeación estratégica".

La administración de proyectos es una herramienta para ejecutar la estrategia organizacional total.

Los programas y proyectos son uno de los elementos de la estrategia corporativos y son en muchos de los vehículos a través de los cuales se implementan las estrategias.

### **PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO.**

Esta es otra de las actividades importantísimas dentro del desarrollo de un proyecto. Pues es en esta que a partir de la planeación del proyecto, se llevará al detalle el programa de obra en general, el seguimiento a detalle del plan de obra.

Las funciones generales que deben llevarse durante el proyecto por los miembros del equipo asignado al proyecto, son:

- Diseño y programación
- Administración y registro
- Compras y subcontratación
- Construcción
- Instalación
- Pruebas
- Diseño y desarrollo
- Manufactura del producto
- Instalación del producto y pruebas

### **Presupuesto del proyecto.**

La elaboración de presupuesto es una actividad fundamental para la evaluación financiera de proyecto y para la presentación al cliente a fin de solicitar su autorización.

La presupuestación, consiste en la cuantificación de los egresos necesarios para hacerle frente a las necesidades del proyecto, tanto el material de consumo de bienes materiales como para el pago de insumos necesarios para desarrollar el proyecto, tales como: mano de obra, energéticos, seguros, derechos, impuestos, etc.

## **III.4.- TIPOS Y GRUPOS DE ESTRUCTURAS**

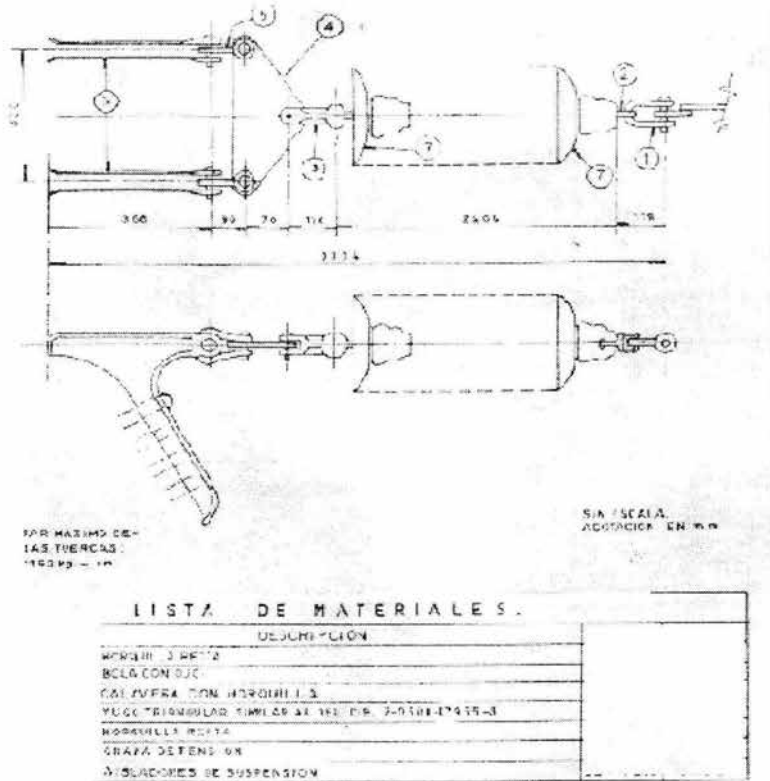
### **PARTES QUE INTEGRAN UNA LÍNEA DE TRASMISION**

- Cables conductores.-Su función es transportar la energía eléctrica. En algunos casos, se consideran como apoyos de las estructuras en dirección de las líneas.
- Cables de guarda.- Cuya función principal es la de proteger a la línea contra rayos y otros factores meteorológicos, aprovechando las estructuras como pararrayos; en ocasiones también como medios de comunicación (teléfono, telégrafo, etc.), en algunos casos se consideran como apoyos de las estructuras en dirección de la línea.
- Cadenas de aisladores.- Su objetivo es el de separar el conductor de los apoyos metálicos.
- Herrajes y accesorios.- Elementos que sujetan los cables a las cadenas de aisladores y a las estructuras.



- Estructura de soporte.- Elementos cuya función principal es soportar el peso propio de los conductores, cables de guarda, cadenas aisladores, herrajes y accesorios, así como las tensiones mecánicas producidas por los cables conductores y de guarda, los efectos de viento, etc.

La altura de las estructuras es función del libramiento mínimo al piso, de la flecha de los conductores y de los puntos de sujeción de estos últimos.



### Accesorios empleados en líneas de transmisión

En el caso de torres de acero, por razones económicas, se considera 3 alturas para cada tipo de torre; una altura la separa el claro normal, una extensión y reducción. Estas se utilizan indistintamente, según la topografía del terreno y obstáculos que se encuentren en la ruta de línea de que se trata.

En el caso de postes de acero, solamente se considera una sola altura, puesto que estos se utilizan solamente en zonas urbanas, donde el terreno generalmente es plano.

- Cimentación de las estructuras.- Elementos que garantizan la estabilidad de las estructuras soporte, al cumplir sus funciones.
- Derechos de vía.- Es la superficie de terreno requerida para alojar las instalaciones de una línea de transmisión. En las líneas que se localizan en las zonas urbanas como es el caso de la mayoría de las construidas en el Valle de México, elevando el costo del terreno, obliga al estructurista a proyectar soportes para que los circuitos de líneas vayan dispuestos en plano vertical, reduciendo de esta manera al mínimo, al ancho del derecho de vía. Lo anterior no sucede cuando el derecho de la vía, se adquiere con facilidad, originando con esto, que los circuitos vayan dispuestos en arreglo horizontal, como es el caso general de las líneas construidas en la mayor parte de la República Mexicana.

## **TIPOS DE ESTRUCTURAS.**

Atendiendo a su función, las estructuras de soporte para líneas de transmisión, pueden ser alguno de los siguientes tipos:

- TIPO A.- Estructuras de alineamiento o suspensión.

Las estructuras de este tipo, se colocan en los tramos en tangente de la línea, constituyendo por esta razón, el mayor porcentaje de las estructuras, se dicen de suspensión, debido a que las cadenas de los aisladores van en posición vertical, quedando suspendidos los cables. Se proyectan para que resistan una deflexión máxima en planta de 5° (para absorber pequeñas deflexiones).

- TIPO B.- Estructuras para deflexiones.

Se colocan en los cambios de dirección de la línea, las cadenas de aisladores están dispuestas siguiendo la dirección de la catenaria que forman los conductores. Además del viento sobre cables y estructuras, deben soportar los componentes de las tensiones mecánicas de los cables en las direcciones de la línea y normalmente ella.

- TIPO C.- Estructuras de anclaje o atraque.

Sirven para dar mayor protección a tramos de línea en tangente (en donde se intercalan), con objeto de que cuando se presenten cargas extraordinarias que tiendan a derribar las estructuras, se puedan limitar que caigan el menor número de ellas. Se calcula que para soportar estados de carga más severos que la estructura de alineamiento.

- TIPO D.- Estructuras de remate.

Se utilizan para las terminales de líneas de transmisión, así como para la entrada de una línea a una subestación. La estructura de remate, se pueden proyectar para rematar a cualquier ángulo, el cual está formado por la dirección de la línea y la dirección en que están orientadas las crucetas de la estructura.

- TIPO E.- Estructuras de derivación.

Su función principal, es derivar los conductores y cables de guarda a los puntos hacia donde se dirija la línea bifurcada, para lograr tal objetivo en general a este tipo de estructuras, se le colocan crucetas especiales.

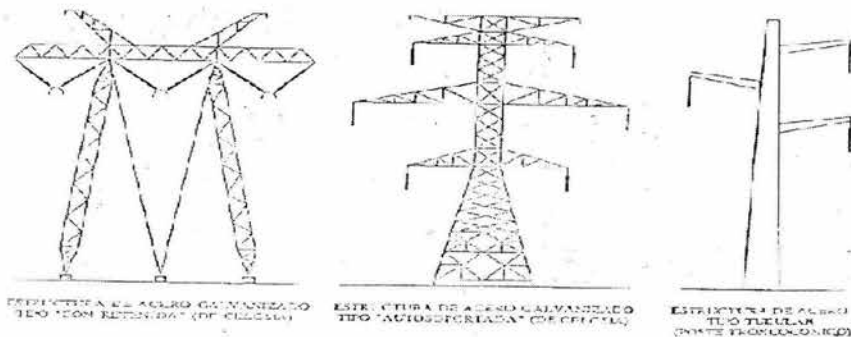
## GRUPOS DE ESTRUCTURAS.

Entre los grupos de estructuras, se encuentran:

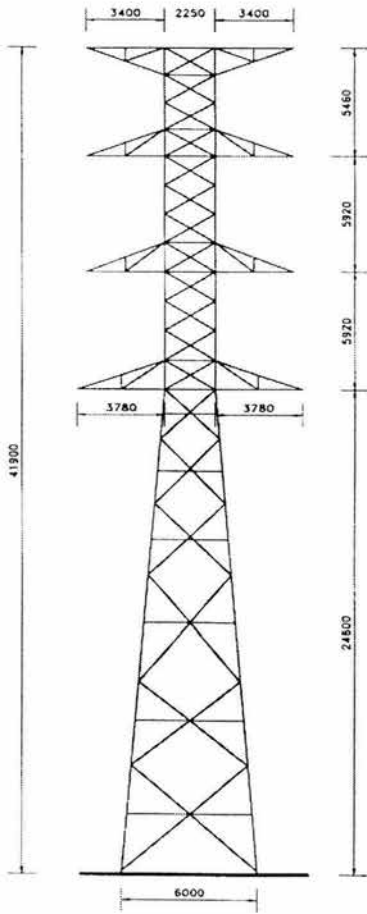
- GRUPO A.- Estructuras auto-soportantes.

Se les da esta denominación, debido a que soportan todas las cargas actuantes, sin necesidad de ningún tipo de apoyo complementario, de este grupo de estructuras, se tienen torres y postes.

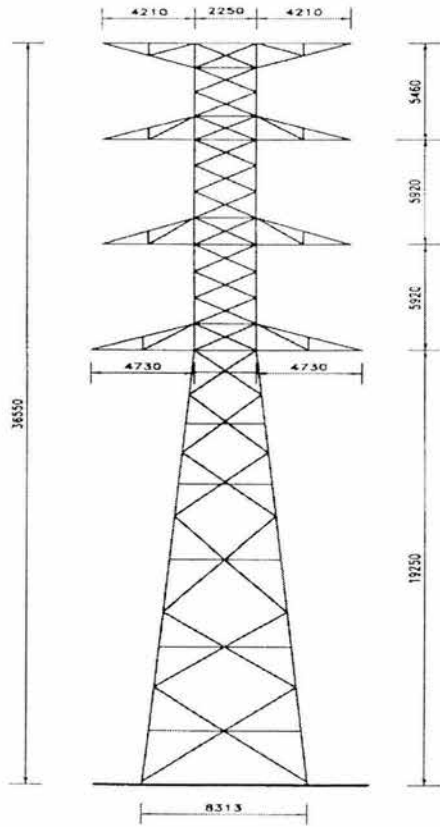
**TORRES.-** Existen en la actualidad, una gran variedad de geometrías, una de ellas muy comúnmente usada en México para líneas de transmisión de 230 y 400 kv es la llamada torres gato o delta. Estas torres, normalmente soportan un circuito trifásico en disposición horizontal, tales como las instaladas en las líneas de Malpaso e Infiernillo a la Ciudad de México, otra geometría de la torre usada con mucha frecuencia es la que se compone de un cuerpo troncopiramidal (fuste) a la que van unidas las crucetas, esta estructura soporta normalmente dos circuitos colocados en distancias en posición vertical, también soporta un circuito colocado en disposición triangular. Dichas torres normalmente se usan para tensiones de 85, 115, 230 y 400 kV.



- DIFERENTES TIPO DE ESTRUCTURAS

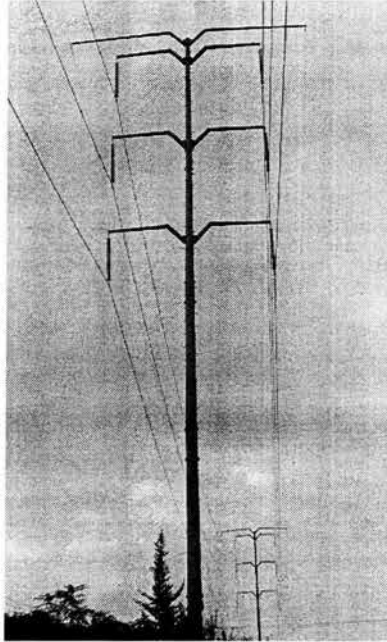


Tipo de torre para 400 kV



Tipo de torre para 230 kV

POSTES.- Están formados por un cuerpo troncopiramidal, al que van unidas las crucetas, la mayoría de las veces se colocan para reducir el ancho del derecho de vía, así como razones de estética; se usan para tensiones de 85, 115, 230 y 400 kV.



Torre tipo poste en L. T.

- GRUPO B.-Estructuras semiflexibles.

El nombre de semiflexibles, se debe a que en el sentido normal a la línea, son autosoportantes, es decir, soportan todas las cargas que actúan sobre ellas, sin necesidad de ningún tipo de apoyo complementario y sin presentar flechas excesivas; mientras que el sentido longitudinal, se incorpora a la torre el apoyo que le proporcionan los cables conductores y de guarda, admitiéndose flechas mayores. Por lo expuesto anteriormente, las estructuras de este tipo, resultan ser más ligeras que las calculadas como autosoportantes. Las geometrías de este grupo son semejantes a las descritas, la diferencia estriba en la longitud de los elementos estructurales que integran la torre, así como la altura de acuerdo a las condiciones topográficas en el área de construcción, así como el cumplimiento de los espacios de derecho de vía.

- GRUPO C.- Estructuras con retenidas.

Estas estructuras hace aproximadamente 25 años que se empezaron a usar siendo en la actualidad uno de los grupos que se colocan con más frecuencia en algunos países europeos, así como en E.U.A., lo anterior se debe básicamente, a que estas estructuras resultan de menor peso y costo que las autosoportantes y semiflexibles, siendo así mismo su proceso de fabricación, transporte y montaje más fáciles. La gran tendencia hacia el uso de este grupo, es que además de resultar más económico el soporte, se reduce considerablemente el tamaño de las cimentaciones, ya que los elementos mecánicos en la base de la estructura, son pequeños.

La localización de las estructuras de soporte sobre el perfil topográfico de la ruta de una línea de transmisión, tiene como objetivo:

- Mantener las distancias mínimas del conductor al terreno para las diversas condiciones de servicio de la línea.
- Determinar las cargas actuantes sobre la estructura.
- Seleccionar el tipo de estructura mas adecuada en cada caso, para estar en condiciones de comparar costos entre diferentes alternativas y llegar a la solución mas apropiada. La localización puede llevarse a cabo, en forma gráfica, mediante las plantillas o haciendo uso de programas de computadora.

Distancia mínima entre fases. La distancia mínima entre las fases adoptadas según disposiciones de los conductores, son:

Disposición vertical:

-En 85 kV: 2.50 m.

-En 230 kV: 5.00 m.

-En 400 kV: 8.50 m.

Disposición horizontal:

-En 85 kV: 3.00 m.

-En 230 kV: 6.00 m.

-En 400 kV: 10.00 m.

El proyecto estructural de los soportes para las líneas de transmisión, consiste básicamente en dimensionarlos, proporcionándoles suficiente resistencia mecánica para soportar las cargas que razonablemente se prevén.

El dimensionamiento y análisis, se apoya en el criterio para obtener estructuras lo mas económicas posibles, sin reducir los márgenes de seguridad que señalan los reglamentos y normas.

Las distancias importantes que se deben tener en cuenta en el dimensionamiento de una torre de transmisión, las cuales varían de acuerdo al tipo de torre y las necesidades de funcionamiento que debe cubrir.

### **Condiciones especiales para cruzamiento y paralelismo en Líneas de Transmisión.**

En líneas de trasmisión que operan en tensiones de 69 kV y mayores, se deberán adoptar disposiciones especiales de seguridad para los casos de paralelismo y cruzamiento con calles, carreteras, vías férreas, ríos, canales navegables y otras líneas eléctricas o de comunicación.

En los casos que a continuación se mencionan, la distancia horizontal de las estructuras de soporte a los cruzamientos será la indicada correspondiente. La distancia del conductor al terreno, en metros, a menos que se indiquen otras unidades, no será menor que la calculada a partir del las expresiones siguientes, donde kV representa el voltaje por transmitir.

Para autopistas y carreteras	A = 25 m
Para avenidas o calles principales en las ciudades y en caminos vecinales	A = 15 m
Para calles en poblados	A = 7 m.
Como condición excepcional para calles de poca importancia de poblados.	A = 3 m.
En redes de distribución, en derivaciones, en esquinas	A = 2 m.

- Cruzamiento con vías férreas no electrificadas.
- Cruzamiento con ferrocarril eléctrico o tranvía
- Cruzamiento con ríos o canales navegables

- Cruzamiento entre líneas de transmisión. En los cruces de las líneas eléctricas, se situará a mayor altura la de mayor voltaje. Deberá procurarse que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada.

La distancia A entre la estructura de soporte y el conductor que más cercano se encuentre será de:

$$A > 0.015 \text{ kV} \quad (\text{kV} < 230)$$

$$A > 5 + \text{kV}/150 \quad (\text{kV} > 230)$$

La distancia B entre conductores de dos líneas que se cruzan, no será menor que:

$$B > 1.5 + 0.2 \text{ kV} \quad (\text{kV} < 169)$$

$$B > 3.3 + 0.01 \text{ kV} \quad (\text{kV} > 230)$$

- Paralelismo entre las líneas eléctricas o con líneas de telecomunicación.

En aquellos casos en los que no sea posible evitar esta situación, se deberá mantener entre las trazas de los conductores más próximos de una y otra línea, una distancia "d" no menor que 1.5 m.

- Localización de la línea, respecto a vías de comunicación.

En las líneas de transmisión con tensiones nominales mayores que 52 kV, la distancia horizontal entre el conductor o la fase extrema y el borde de vías de comunicación paralelas, será cuando menos, la que se indica a continuación:

La distancia (d) no será menor que 25 m en carreteras, autopistas, ferrocarriles y cruces de aguas navegables e igual a 15 m. en carreteras vecinales, avenidas y calles principales en zonas urbanas.

- Localización de la línea, respecto a construcciones y edificios en zonas urbanas. En puntos accesibles a personas.

## FACTORES DE CARGA.

**Condiciones básicas de carga.** Se proponen dos velocidades de viento para el diseño, (con período de retorno de 200 años), que tiene una probabilidad muy baja de ser alcanzada o sobrepasada durante la vida útil de la estructura, y a la



velocidad media (con período de retorno de 10 años), la cual puede suponerse que actúa continuamente sobre la línea para fines de diseño.

El criterio que se propone para tomar en cuenta la rotura de cables, es el que se sigue continuamente en los Estados Unidos, no se considera la falla simultánea de más de dos cables por ser esta, una situación muy desfavorable para el diseño de las estructuras de soporte y por que no se dispone de reportes que justifiquen su inclusión.

Las condiciones de carga que se recomienda emplear para el análisis de las estructuras de soporte, son las siguientes:

- a) Carga vertical debida al peso de los conductores y cable de guarda, con sus aisladores, herrajes y accesorios. Además se considera una carga de 200 Kg. (peso de dos trabajadores) en c/u de las fases y 100 Kg en los soportes del cable de guarda.
- b) Peso de la estructura.
- c) Carga transversal sobre la torre, debida a la acción del viento sobre los cables. En este caso se tomará en cuenta las fuerzas transversales provocadas por la desviación del eje de la línea, con las tensiones mecánicas en los cables. Esta condición de carga se calculará para dos velocidades de viento: una velocidad media (condición C1) y una máxima (condición C2).
- d) Carga transversal sobre la torre, debida a la acción del viento. Se calcularán, al igual que C, dos condiciones de diseño, para viento máximo (D2) y para viento medio (D1).
- e) Carga longitudinal sobre la torre, debida a la acción del viento máximo.
- f) Carga por rotura de cables. Se escogerá la alternativa y posición de cables rotos, que provoquen los elementos mecánicos más desfavorables sobre la torre o el elemento estructural en consideración (cruzeta, soporte del hilo de guarda, etc.).
- g) Carga longitudinal sobre la torre, debida a tensiones desbalanceadas en los cables para condición de viento en estudio.

Consideraciones adicionales. En el caso de rotura de fases o cables de guarda, la carga de impacto sobre la estructura, se aproxima a 1.33 veces la tensión en el cable, previa a la falla. Las estructuras de deflexión y atraque, deben diseñarse para resistir esta carga, no así las estructuras de suspensión. Estas se diseñan para soportar únicamente la mitad de la carga dinámica. En esta forma, es probable que la primera estructura, falle y absorba buena parte de la energía cinética liberada, al

romperse el cable, la siguiente estructura y posiblemente la tercera, sufrirán algún daño pero esencialmente, permanecerán de pie. En esta forma, el efecto cascada, se limita a dos o tres torres solamente.

La longitud de los cables para calcular las cargas de peso propio, podrá considerarse igual al claro de peso.

Para la condición de carga (viento en cables), la carga (o presión) que actúa sobre los cables, se tomará igual al 60% del valor calculado, cuando el claro de viento sea mayor de 350 m y la velocidad de diseño supere los 100 km/h, de otra manera se tomara el 80% de dicha fuerza o presión.

Para la condición de rotura de cables, las torres de suspensión se tomara el 67% del valor de la tensión en los cables. Este valor de la tensión se duplicará para torres que no sean de suspensión.

Combinaciones y factores de carga. Se entenderá como combinación de carga, la superposición de aquellas condiciones básicas de carga, que se considera, tienen una alta probabilidad de ocurrir simultáneamente.

Se entiende por factor de carga, el factor por el que hay que multiplicar las combinaciones de carga para los miembros estructurales, se presenta una carga igual a la máxima resistente del material (de fluencia o la determinada por la inestabilidad lateral o local del miembro de la estructura).

En la tabla, siguiente se indican las combinaciones de carga y sus factores de carga correspondiente, los cuales se tomarán en cuenta para el diseño de las torres.

- 1)  $(A + B) 1.1 + (C1 + D1 + G) 1.5$
- 2)  $(A + B + C1 + D1 + F + G) 1.1$
- 3)  $(A + B + C2 + D2 + G) 1.1$
- 4)  $(B + E) 1.1$

Solo en casos donde se tenga evidencia confiable de la aparición periódica de cargas debidas a la acumulación de nieve (hielo) sobre los cables, se revisarán adicionalmente las siguientes condiciones:

- 5)  $(AH + B) 1.1 + (CH + DH + G) 1.5$
- 6)  $(AH + B + CH + DH + FH + G) 1.1$

La carga AH, se refiere a el peso de los conductores cuando en ellos se ha acumulado una capa de hielo de 3.5 mm. De espesor y peso especificado de 900 kg/m. CH y DH, son las cargas por viento sobre los cables y estructuras, respectivamente, calculadas considerando que el viento actúa con una velocidad reducida, igual a la mitad de la velocidad media de la zona donde se construya la línea. La carga FH, se calculará a partir de la tensión mecánica que resulte de duplicar las mismas condiciones que para AH y CH.

## FUERZAS ACTUANTES EN TORRES DE TRANSMISIÓN.

Las fuerzas en las estructuras para las líneas de transmisión, son las que a continuación se mencionan:

- Fuerzas verticales.
- Fuerzas horizontales en dirección de la línea (longitudinales)
- Fuerzas horizontales normales a la línea (transversales).

**Fuerzas verticales.** Estas se deben al peso propio de la estructura y sus cimentaciones, cables de guarda, conductores, cadena de aisladores, herrajes, amortiguadores, equipo (de servicio, reparación o mantenimiento), etc. En el peso de los cables, debe considerarse el "claro de peso" o "claro vertical", que se define como la distancia en proyección horizontal entre los puntos más bajos de dos catenarias adyacentes. Dependiendo de la zona de carga, se debe considerar la deposición de hielo en los cables y en la estructura.

Para calcular la tensión mecánica de los conductores y cables de guarda, se considera como carga total la resultante del peso del conductor o cable de la fuerza producida por el viento actuando horizontalmente y en ángulo recto en la dirección de la línea.

**Fuerzas horizontales en dirección de la línea.** Son ocasionadas por los componentes de las tracciones mecánicas de los cables en esa dirección las tracciones accidentales por ruptura de cables, tipos de montaje durante la erección o reparación de la línea, por remates o conductores rotos. En los remates, la carga longitudinal, se considera igual a la suma de todos los conductores que rematan en la estructura.

**Fuerzas horizontales normales a la línea.** Las cargas transversales son las que se originan por acción del viento, soplando horizontalmente y en ángulo recto a la dirección de la línea, sobre las estructuras, aisladores, herrajes, conductores y cables de guarda, más la ocasionada por los componentes transversales, por cambio de dirección de línea.

Para calcular la carga transversal que surge por viento sobre los conductores y cables de guarda, se multiplica el claro de viento definido como la semisuma de dos claros adyacentes, por la carga de viento sobre los conductores o cables de guarda.

En referencia a las cargas anteriores, se hace notar que las fuerzas verticales, son más fáciles de obtener, pues los pesos de las estructuras se pueden evaluar por la comparación a las más parecidas en el archivo del proyectista, obligándonos a una revisión posterior del soporte, referente a los pesos de las cadenas de aisladores, cables, herrajes y equipo, son conocidos. Las fuerzas verticales, son en general las

de menor significación para el diseño del fuste de las estructuras autosoportantes.

En cuanto a las fuerzas ocasionadas por la presión de viento, se hacen las siguientes consideraciones: la presión de viento, es la función de la velocidad rasante y de la altura del elemento sobre el que incide, respecto al ras del suelo, así como de la forma y textura del objeto.

La fórmula de la presión dinámica producida por el viento sobre una superficie plana cualquiera es:

$$P = \frac{m v^2}{2 g}$$

en la que:  $m$  = peso volumétrico del aire ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $v$  = velocidad del viento ( $\text{m}/\text{s}$ )  
 $g$  = aceleración de la gravedad ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

El resultado de  $P$  se expresa en  $\text{kg}/\text{m}^2$

Suponiendo para toda la República:

$$m = 1.225 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m}/\text{s}^2$$

Sustituyendo valores en la expresión siguiente:

$$p = \frac{1.225}{19.62} v^2 = \frac{v^2}{16}$$

Esta expresión de la presión dinámica, esta influenciada por un coeficiente que depende de la forma y acabado de la superficie sobre la que actúa el viento y se denomina CF.

Los valores CF, son producto de pruebas de laboratorio que se han realizado en distintos países y dan los siguientes valores promedio:

$$CF = 2 \quad \text{para placas}$$

$$CF = 1.45 \quad \text{para cables}$$

La presión resultante adoptando estos valores, debe multiplicarse por el área total proyectada normalmente a la dirección del viento, para determinar el empuje del mismo.

En las líneas se observa que CF no es el único factor que afecta a la presión dinámica, para determinar la presión real que actúe sobre los cables.

Hay que considerar que las ráfagas de viento tienen un frente reducido y no es lógico suponer que dicho frente tenga un ancho tal, que aborde a toda línea o a todo un tramo interpostal, por lo que se incorpora un segundo coeficiente que depende de la longitud de claro y que se denomina CL.

Este coeficiente, varía entre 0.4 y 0.6 según ensayos realizados en varios países.

Como resultado de lo expuesto, se puede concluir que, las fórmulas que conviene usar para calcular las presiones reales que el viento ejerce sobre las líneas de transmisión son:

$$p = \frac{v^2 CF}{16} \quad \text{para placas} \quad (1)$$

$$p = \frac{CF CL v^2}{16} \quad \text{para cables} \quad (2)$$

En resumen, las formulas se pueden adoptar con los siguientes valores de coeficientes:

$$CF = 2 \quad \text{para placas}$$

$$CF = 1.45 \quad \text{para cables}$$

$$CL = 0.552 \quad \text{para cables}$$

Que sustituidos en las formulas (3) y (4), dan los siguientes valores

$$p = 0.125 v^2 \quad \text{para placas} \quad (3)$$

$$p = 0.050 v^2 \quad \text{para cables} \quad (4)$$

Siendo v la velocidad expresada en m/s, las fórmulas anteriores, se pueden convertir para expresar la velocidad en km/h en:

$$P = 0.125 \frac{1000}{3600} v^2 = 0.009645 v^2$$

$$p = 0.50 \frac{1000}{3600} v^2 = 0.003858 v^2$$

$$p = 0.009645 v^2$$

$$p = 0.003858 v^2$$

Las fórmulas anteriores son usadas actualmente para estructuras con altura hasta de 30 m. (100 pies)

Dado que la presión de viento se incrementa con la altura, las fórmulas se modifican siguiendo el criterio que propone el departamento del interior de Estados Unidos, oficina de reclamaciones, estructuras de transmisión. El incremento de la velocidad del viento para alturas mayores a 30 m.

La velocidad del viento para las alturas superiores a 100 pies, es igual al factor IV multiplicado por la velocidad a 100 pies de altura.

Para el sistema métrico, tenemos:

$$\frac{IV}{H-30.48} = \frac{1.5 - 1.0}{121.92}$$

de donde

$$IV = \frac{0.5 (H-30.48)}{121.92} + 1$$

$$IV = 0.0041 (H-38.48) + 1 \quad (5)$$

Considerando el factor de incremento de velocidad y las fórmulas para la presión de viento, se obtiene:

$$PV = 0.125 v_h^2; v_h = v_0 (IV)$$

$$PV = 0.125 v_0^2 (IV)^2$$

$$PV = 0.125 v_0^2 (0.0041 (H-3048) + 1)^2$$

Haciendo las reducciones pertinentes, se tiene:

$$P_v = v_0^2 (0.000021 H^2 + 0.0090 H + 0.096) \quad (6)$$

Expresión para calcular la presión de viento en superficies planas a una altura superior a los 100 pies. Siendo  $v_0$  la velocidad del viento en m/s a una altura hasta de 100 pies y H la altura de metros a la que se este calculando la presión.

Análogamente, la presión del viento en conductores para alturas mayores a los 100 pies se obtiene a partir de la formula:

$$P_v = 0.050 v_h^2$$

$$P_v = v_0^2 (0.00000084 H + 0.00036 H + 0.038) \quad (7)$$

Estas fórmulas, son las que actualmente se utilizan para calcular las presiones de viento en las estructuras y conductores respectivamente, para alturas mayores a los 10 pies.

Para las presiones de viento, se observa que en estructuras en celosía, el área expuesta de una cara debe incrementarse en un 50% para incluir la presión sobre la cara opuesta, sin embargo este total no debe exceder la carga que pudiera ocurrir sobre una estructura sólida de las mismas dimensiones exteriores. Puede ser sustituido este valor, por cálculos más exactos, o por los resultados obtenidos en pruebas experimentales.

## **FLECHAS Y TENSIONES MECÁNICAS EN CABLES**

El cálculo de flechas y tensiones en los cables para diversas condiciones de carga y temperatura, es de principal importancia en el diseño de líneas de transmisión. Por que proporcionan los datos necesarios para la preparación de las plantillas, a fin de localizar las estructuras de soporte y tablas para el contenido inicial.

Las expresiones que se recomiendan, se basan en la suposición de que la curva descrita por los cables, es una parábola en vez de la curva real que es una catenaria. Esto se hace debido a que por lo general, la flecha es menor del 4% de la longitud del claro y en estas condiciones, se tiene un error mayor de 0.5% respecto a las flechas y tensiones calculadas con las expresiones para catenarias, las cuales son más complicadas.

Aunque las expresiones recomendadas son sencillas, se observa que por la gran diversidad de claros, temperaturas, condiciones de carga y materiales que pueden presentarse, resulta prácticamente obligatorio emplear una computadora a fin de realizar estos cálculos. Para este propósito, existen también varios métodos manuales que involucran el empleo de diversas tablas y graficas, pero que lógicamente hacen el trabajo más lento y laborioso.

Las condiciones para las que se calcularán las flechas y tensiones mecánicas en cables, serán las siguientes:

- a) La temperatura mínima promedio sin presión de viento, para revisar libramiento vertical en cruces en otras líneas.
- b) La temperatura ambiente mínima promedio con la velocidad del viento reducida, para revisar tensiones máximas en los cables.
- c) La temperatura ambiente media sin presión de viento , para revisar tensiones en los cables para la condición normal de servicio.
- d) La temperatura ambiente máxima anual sin presión del viento, para revisar libramientos respecto al terreno.

Cuando se realiza el cálculo mediante programa de computadora, éste calcula las flechas y tensiones iniciales y finales, para una serie de claros comprendidas entre un mínimo y un máximo variables. La serie de claros requeridos, se define fijando el claro mínimo, el claro máximo y el intervalo de ambos.

Para el cálculo se establecen tres límites de tensión, con objeto de limitar el efecto destructivo de las vibraciones producidas por el viento en los conductores.

- Limite de tensión máxima. La tensión máxima de los conductores a  $-5^{\circ}$  C y la presión de el viento  $24 \text{ kg/m}^2$ , no debe ser mayor de 50% de la carga de ruptura.
- Limite de tensión inicial. La tensión inicial de los conductores a  $0^{\circ}$  C sin viento, no debe ser mayor de 33% de la carga de ruptura.
- Limite de tensiones finales. La tensión final de los conductores a  $0^{\circ}$  C sin viento no debe ser mayor de 25% de carga de ruptura.



## CAPITULO IV

### PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

#### IV.1.- TIPO DE CIMENTACIONES

Toda construcción debe soportarse mediante una cimentación adecuada a las estructuras, no debe en ningún caso desplantarse sobre tierra vegetal o sobre desechos sueltos.

En caso de que existan construcciones colindantes, deben investigarse las condiciones de cimentación, estabilidad, hundimientos, emersiones, agrietamientos y desplomes de las mismas y tomarlas en cuenta en el diseño de la cimentación y en su procedimiento constructivo.

La memoria de diseño de una cimentación debe incluir una justificación del tipo de cimentación proyectado, los procedimientos de construcción especificados y una descripción de los métodos de análisis usados y del comportamiento previsto.

En el diseño de las cimentaciones se considerarán, el peso propio de sus elementos estructurales, las descargas por excavación, los efectos de consolidación regional en su caso, los pesos y empujes laterales de los rellenos y lastres que graviten sobre los elementos de cimentación y todas las otras acciones localizadas en la propia cimentación y en su vecindad. Se tomarán también en cuenta las variaciones posibles de los niveles piezométricos en el subsuelo.

Estado Límite: Se entiende por estado límite a aquella etapa del comportamiento a partir de la cual la cimentación o parte de ella deja de cumplir con alguna función para la que fue proyectada.

En el diseño de toda cimentación se considerarán los siguientes Estados Límite, además de los correspondientes a los miembros de la subestructura:

Los Estados Límite de Falla.- Corresponden al agotamiento definitivo de la capacidad de carga de la cimentación o de cualquiera de sus miembros o al hecho de que, sin que se agote la capacidad de carga, se presenten daños irreversibles que afecten su resistencia ante acciones futuras.

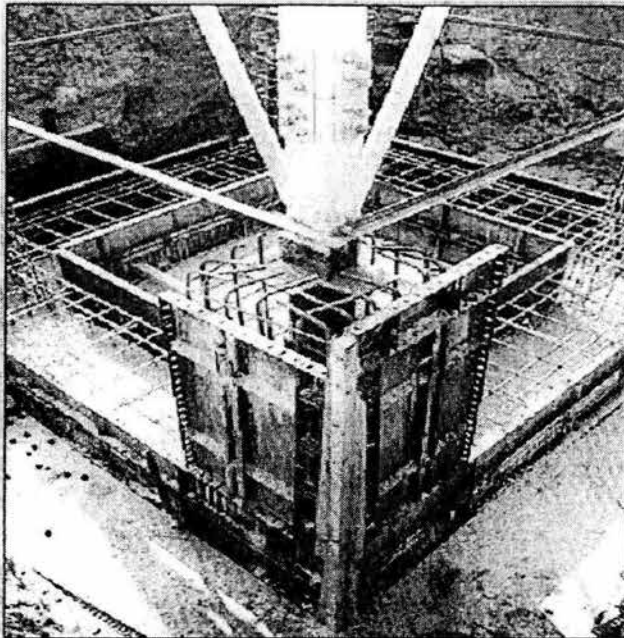
Los Estados Límite de Servicio.- Se alcanzan cuando la cimentación llega a estados que afecten su correcto funcionamiento pero no su capacidad para soportar cargas.

Para verificar la seguridad de una cimentación o elemento de la misma debe revisarse que, para las distintas combinaciones de acciones y para los diversos mecanismos de falla posibles, la capacidad de carga de la cimentación o elemento de cimentación sea mayor o igual que el efecto de las acciones nominales que intervengan en la combinación de cargas en estudio multiplicadas por los factores de carga correspondientes. También debe revisarse que, bajo el efecto de las posibles combinaciones de acciones, no se rebase ningún estado límite de servicio.

Los tipos de cimentaciones más comunes son las zapatas corridas o aisladas, las losas o cajones y los pilotes y pilas de fricción o punta. Entre ellos, se elegirá el más conveniente de acuerdo a las características del terreno natural o estabilizado, el tipo de estructura, la magnitud de las cargas aplicadas, los requerimientos relativos a la seguridad, el costo y la sencillez del procedimiento constructivo.

### **Cimentaciones desplantadas en zapatas**

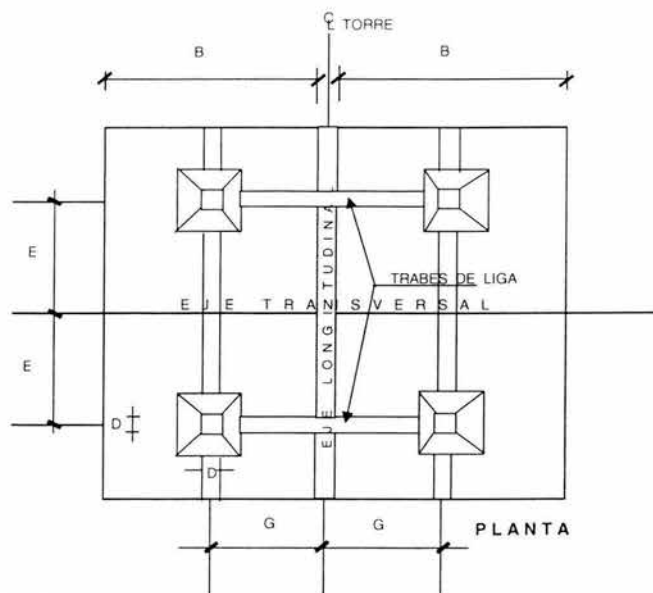
Las zapatas consisten en una ampliación de la base de los elementos estructurales y pueden ser del tipo aislado o corrido, o una combinación de ambos. Deben desplantarse hasta una profundidad en la que el suelo se vea poco afectado por cambios volumétricos estacionales y no pueda ser sometido a erosión, principalmente si el suelo es arenoso o limoso.



Cimentación de zapata aislada para torre

## Cimentaciones desplazadas en losas

El uso de losas de cimentación resulta generalmente apropiado cuando la suma de las áreas de las zapatas aisladas o corridas que serían necesarias para transmitir la carga de la estructura, sobrepasa el 50 por ciento del área total de la cimentación. También puede usarse para reducir los asentamientos diferenciales, cuando el material de cimentación es heterogéneo.



## Cimentaciones Profundas

Las cimentaciones profundas consisten generalmente en pilotes o pilas. Dependiendo del perfil y de las propiedades mecánicas del subsuelo, la función más importante de estos elementos será la de aumentar la capacidad de carga o reducir los asentamientos bajo condiciones de trabajo mediante transferencia de esfuerzos del nivel de desplante de la subestructura a niveles inferiores. Dependiendo del objetivo buscado y de las características del subsuelo, se podrán usar diferentes tipos de pilotes o pilas.

Los pilotes de fricción son aquellos que transmiten la carga al subsuelo principalmente por fricción desarrollada a lo largo de su superficie lateral de contacto con el terreno.

Los pilotes de punta son aquellos que, desplazados en un estrato resistente, transmiten la mayor parte de la carga a dicho estrato por medio de su punta. Generalmente, se reserva el nombre de pila a elementos de más de 80 cm de diámetro colados en una perforación previa. Las cimentaciones profundas pueden

por otra parte, consiste en tramos de muros colados in situ cuyo diseño es semejante al de las pilas.

La transmisión de cargas de la estructura a los pilotes o pilas se hace a través de una subestructura constituida generalmente por zapatas y/o retícula de contra-trabes. La solución de la cimentación profunda solamente debe considerarse después de un análisis cuidadoso de las soluciones superficiales, más económicas.

Uno de los puntos de mayor importancia es la identificación de cauces de arroyos y ríos, para los cuales se debe contar con los datos referentes a su sección transversal y su pendiente longitudinal, esto para prevenir posibles problemas de inundación y socavación. En caso de que por necesidad misma de la trayectoria de la línea, se crucen ríos o lagunas, la profundidad de desplante debe considerar la socavación.

Para el caso de que el lugar donde se pretenda cimentar una torre presente exceso de agua, o simplemente por el hecho de que la trayectoria de la línea tiene que cruzar por una zona pantanosa, la cimentación se diseñará de acuerdo a las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos y en este caso particular el procedimiento constructivo adquiere una mayor importancia, ya que se tiene que tomar en cuenta el uso de tablaestaca y ademes para evitar el efecto adverso del agua en la cimentación, así como la colocación de geomembranas para la protección de la estructura, y así evitar daños cuantiosos. Asimismo se debe considerar la construcción de drenajes para encauzar el agua hacia sitios donde no se afecte la estructura.

Es importante que la memoria de diseño incluya la evaluación económica comparativa de las soluciones consideradas para la cimentación. Por otra parte, el tipo de cimentación adoptado debe tomar en cuenta la tecnología existente con objeto de evitar demoras y cambios no controlados durante la realización de la obra.

## **IV.2.- PROCESO CONSTRUCTIVO**

Como en toda obra de Ingeniería, para la construcción de una línea de transmisión se necesita elaborar un programa ejecutivo de construcción en el que se definan con precisión las actividades a realizar en una forma ordenada y lógica, cuyo objetivo sea optimizar recursos, mejorando rendimientos y que permita medir el avance y valorizar actividades, para prever las necesidades de materiales, equipo, mano de obra y la asignación de recursos económicos.

Las actividades a desarrollar para la construcción de una línea de transmisión son las siguientes:

- 1.- Verificación del levantamiento topográfico y localización de estructuras
- 2.- Caminos de acceso
- 3.- Apertura de brecha forestal
- 4.- Excavación para cimentaciones
- 5.- Plantilla de concreto
- 6.- Acero de refuerzo
- 7.- Protección catódica
- 8.- Armado y nivelado de Bottom Panel
- 9.- Concreto en cimentaciones
- 10.- Relleno compactado
- 11.- Armado de estructura ó cuerpo superior
- 12.- Instalación de sistemas de tierras
- 13.- Vestido de estructuras
- 14.- Tendido y tensado de Cable de Guarda
- 15.- Tendido y tensado de Cable Conductor

### **Verificación del levantamiento topográfico y localización de estructuras**

Los principales conceptos a considerar en esta actividad son los siguientes:

- Se realizará en el campo del lugar de la instalación de las torres, colocando la mojenera que corresponda en el centro, indicando el número y tipo de torre.
- Verificación del perfil topográfico; registro de posibles variaciones en distancia y nivel en planos de proyecto; verificación de ángulos en puntos de inflexión; verificación de distancias en cruces y áreas construidas; obtención de perfiles en cruz para la determinación de las extensiones de las torres; cálculo de extensiones para las torres.
- Se verificará si existen laderas, cruces de vías de comunicación y finalmente, la relocalización de estructuras por posibles cambios al proyecto (ubicación inapropiada).

### **Caminos de acceso**

Incluyen: Trazo y construcción del camino que garantice la entrada de los vehículos de transporte de personal, materiales y equipos; obras de protección en cruces del camino con instalaciones urbanas existentes; obras de rehabilitación a instalaciones afectadas por el tránsito de vehículos; plataforma de maniobras para montaje de estructuras, plataforma para situar equipo de tendido y tensado de cables;

señalización de tránsito de vehículos; extracción y trasplante de árboles; colocación de portones para evitar el tránsito de vehículos ajenos a la obra.

### **Apertura de brecha forestal**

El objetivo de esta actividad es principalmente el de proteger las torres y conductores por la caída de árboles o en su caso ramas que dañen o provoquen fallas en la línea, facilitar las maniobras de construcción y de mantenimiento a futuro y proteger las zonas adyacentes del bosque y cultivos de los incendios que se llagaran a ocasionar por caídas de los cables conductores.



Apertura de brecha forestal

Se respetará la zona deforestada cerca del sitio de las torres, de acuerdo a la normatividad y reglamentación de la SEMARNAT.

Se debe evitar el daño a zonas de cultivo.

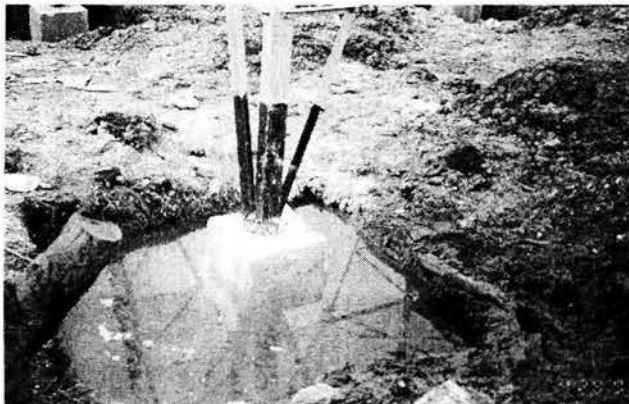
Para el ancho de la brecha se tomara en cuenta el tipo de voltaje de la línea, disposición de los conductores, tipo de torres, y pendientes transversales del terreno.

Si existen cultivos menores de 1.50 m de altura entonces, no se abrirá brecha.

### **Excavación para cimentaciones**

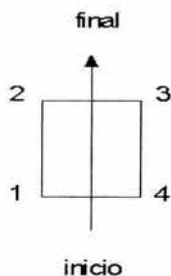
Trabajos que se efectúan para realizar la sección de desplante y alojar los cimientos de la estructura conforme a las dimensiones del proyecto.

- Se instalan estacas (trompos) de madera en las cuatro esquinas de la excavación con una adicional de referencia para indicar la profundidad de la cepa.
- Cuando existan excesos de excavación se colocara plantilla de concreto, hasta llegar a la profundidad indicada en el proyecto.
- Las excavaciones no deberán estar abiertas por mucho tiempo, para evitar derrumbes y caída de animales, por lo que se tienen que proteger las zonas de excavación.



Excavación para cimentación de torre

- Se tendrá un control en la localización y el trazo, en el cual estará el número y tipo de torre, número de patas de referencia, profundidad de cada excavación, niveles de fondo de las excavaciones con respecto a la mojonera, tipo de cimentación.



Numeración de las patas de la torre

## **Plantilla de concreto**

Después de afinadas las excavaciones conforme al proyecto, se colocará un firme de concreto con el espesor indicado en el mismo.

## **Acero de refuerzo**

Varillas de acero que van ahogadas en el concreto, para tomar los esfuerzos requeridos, en el caso de cimentaciones de anclaje, serán varillas corrugadas, insertadas en áreas de la excavación, verificando que se encuentren limpias y libres de polvo y óxido.

Se almacenará sobre plataformas, maderas, polines, y se protegerá contra la oxidación, en su caso se limpiará con cepillo de alambre antes de su instalación para garantizar la adherencia con el concreto.

## **Protección catódica**

La corrosión es el desgaste que sufre un material por reacción con el medio ambiente o por procesos electroquímicos que causan pérdida de propiedades.

Una estructura metálica sufre pérdidas de material provocadas por descargas de corriente eléctrica de la estructura hacia el electrolito circundante. La reacción electroquímica involucra a los metales, agentes químicos y agua, cuyas combinaciones forman celdas capaces de generar electricidad.

La celda electroquímica requiere de cuatro componentes principales y la ausencia de uno de ellos inicia el proceso de corrosión; dichos componentes son:

- 1.- Electrolito: Es una solución o medio conductor que contiene agua, oxígeno y sustancias químicas.
- 2.- Ánodo: Es el electrodo metálico en contacto con el electrolito que sufre desgaste o pérdida de metal.
- 3.- Cátodo: Es el electrodo metálico en contacto con el electrolito y está protegido contra la corrosión.
- 4.- Circuito externo: Es el conductor o unión metálica que interconecta al ánodo con el cátodo.

En consecuencia las Líneas de Transmisión enfrentan condiciones ambientales agresivas, provocando envejecimiento acelerado tanto de las partes expuestas a las acciones de la intemperie como a los cimientos enterrados.

Por lo anterior, es de vital importancia prever la estabilidad mecánica de las estructuras, manteniendo la vida útil de los elementos metálicos empleando sistemas de protección contra la corrosión. Las medidas preventivas comprenden la aplicación



de recubrimientos químicos y protección catódica con ánodos galvánicos de sacrificio.

La protección catódica es una técnica empleada para el control de la corrosión en elementos metálicos basada en hacer circular corriente eléctrica directa en el elemento a proteger por medio de ánodos galvánicos de sacrificio de magnesio o de zinc.

El empleo de recubrimientos químicos sobre elementos metálicos para el control de la corrosión es el método más utilizado por la gran variedad de tipos existentes con diferentes características y resistencias, de sencilla aplicación, diversos colores, costos relativamente bajos, y la posibilidad de combinación con recubrimientos metálicos.

La capa formada por el recubrimiento tiene la función del efecto barrera, pero la mayoría de los recubrimientos son permeables al oxígeno y al agua, siendo la transmisión de estos agentes por microporos y por defectos en su aplicación, por ello una selección cuidadosa del recubrimiento, la perfecta preparación de la superficie, la aplicación del número de capas y espesores correctos garantizarán una protección catódica duradera.

La clasificación en función del espesor de aplicación entre las pinturas, los recubrimientos y revestimientos es:

- a) Pintura: espesor menor que 50 micrómetros.
- b) Recubrimiento: espesor entre 50 y 1000 micrómetros.
- c) Revestimiento: espesor mayor que 1000 micrómetros.

RECUBRIMIENTOS	TIPO DE SECADO	EJEMPLO
ESMALTES	EVAPORACIÓN DEL SOLVENTE Y AUTO OXIDACIÓN DEL VEHICULO	ALQUIDÁLICOS
LACAS	EVAPORACIÓN DEL SOLVENTE	VINÍLICOS, HULES CLOROS ACRÍLICOS
CATALIZADORES	REACCIÓN QUÍMICA Y EVAPORACIÓN DEL SOLVENTE	EPÓXICOS, POLIURETANO, INORGÁNICOS DE ZINC
HORNEO	POLIMERIZACIÓN POR ACCIÓN DEL CALOR Y EVAPORACIÓN DEL SOLVENTE	SILICÓN, FENÓLICOS

Clasificación de los recubrimientos por el tipo de secado

RECUBRIMIENTOS	SUBCLASIFICACIÓN	EJEMPLOS
ORGÁNICOS	NATURALEZA	ACEITES ALQUITRAN DE HULLA ASFÁLTICOS
	SINTÉTICOS	ALQUIDÁLICOS EPOXÍICOS FENÓLICOS ACRÍLICOS POLIURETANOS POLIÉSTERES
INORGÁNICOS	DE ZINC AUTOCURANTES	BASE SOLVENTE BASE ACUOSA
	DE ZINC POSCURADOS	BASE ACUOSA DE DOS COMPONENTES
	DE ZINC CON RESINA INORGÁNICA	UN COMPONENTE DOS COMPONENTES
METÁLICOS	DE SACRIFICIO ( DAN PROTECCIÓN CATÓDICA )	ZINC ALUMINIO CADMIO

Clasificación de los recubrimientos por composición química

### Armado y nivelado de Bottom Panel

Consiste en armar y nivelar la parte inferior de la torre (denominada Bottom Panel). Para la nivelación se procede ya sea individualmente por cada pata, o el Bottom Panel en conjunto.



Armado y nivelado de Bottom Panel

En la nivelación se necesita que la colocación de las patas sea de acuerdo al perfil del terreno, la distancia y la pendiente de éstas se referirán al centro de la estructura, es decir, de la mojonera, permitiendo que el colado de cada pata se realice en forma independiente y precisa, controlando todo este proceso con el teodolito.

Las patas del Bottom panel ya armado quedarán totalmente independientes del acero de refuerzo y la cimbra, éstas quedarán sujetas al soporte fabricado con polines o troncos, lo que nos permitirá centrar, nivelar y dar la pendiente en el espacio y los ajustes en el proceso del colado si existieran desplazamientos de las patas.

Posteriormente se coloca el armado de acero de refuerzo tanto de las zapatas y dados, la cimbra y finalmente se efectúa el colado.

### **Cimentaciones de concreto**

El concreto se define como una mezcla heterogénea de materiales pétreos inertes, cemento, agua y aditivos, especificándose en proporciones adecuadas y que al fraguar adquieran la resistencia mecánica con las características requeridas, en este caso, para la construcción de los cimientos de las torres.

Para una óptima realización de estos trabajos se consideran realizar las siguientes actividades: se realizaran pruebas de calidad de insumos y agregados, pruebas de laboratorio para dosificación de concretos, el trazo y nivelación de las cepas, excavación (en diferentes tipos de terrenos), el afine y las obras de protección en paredes de las excavaciones, la señalización y protección en excavaciones por el tránsito de personas, animales ó vehículos, el acarreo de insumos y agregados para la fabricación del concreto, fabricación y colocación de plantilla de concreto simple, habilitado de acero de refuerzo y el traslado del acero al sitio de instalación finalmente su colocación.

El proceso constructivo para cimentaciones de concreto consiste en: colocación del Bottom Panel, colocación de la cimbra para las zapatas y dados de cimentación, colocación del concreto ya sea prefabricado o elaborado en el sitio de la obra agregando aditivos especiales si se requieren, obtención de probetas de concreto fresco, realización de pruebas de revenimiento durante la colocación del concreto, y finalmente el descimbrado de zapatas y dados, además de realizar las pruebas de calidad del concreto.

En caso necesario, se protegerán las cimentaciones contra la erosión, si se presentan fuertes declives o corrientes de agua, mediante la construcción de taludes, canales, muros de piedra, etc.

### **Relleno compactado**

El material de relleno será el del producto de la excavación, debiendo estar libre de materiales vegetales, encofrados, bolsas de cemento etc., o en su defecto se rellenará con material de banco.

El relleno se colocará y compactara en capas, realizando su respectiva prueba de compactación a cada torre.

### **Armado de estructura o cuerpo superior**

Es la colocación complementaria de los elementos que integran la estructura conforme a los planos de montaje.



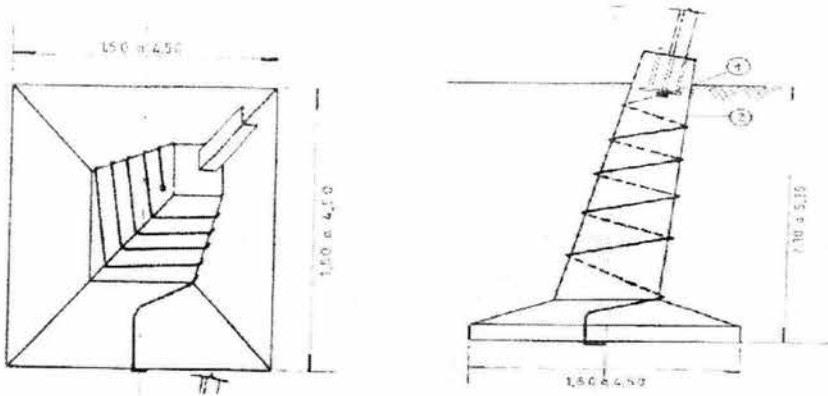
Armado de torre

### **Sistemas de tierras**

Es el hincado de varillas tipo copperweld de 5/8" de diámetro y 3 metros de longitud, que estarán colocadas en forma vertical en las inmediaciones de los cimientos de las torres conectándolas a las patas mediante alambre tipo copperweld del número 2, de acuerdo a especificación de CFE-00JLO-28 (redes de tierra para estructuras de líneas de transmisión aéreas de 69 a 400 kV).

Dependiendo de la resistividad del terreno se instalarán la o las varillas, cuando se localice terreno tipo III se deberá hacer una barrenación de 2.5 cm de diámetro y 3

metros de profundidad en donde se alojará la varilla relleno con un estabilizador químico.



Conexión a tierra de torres en terreno suave

### **Vestido de estructuras**

Actividad consistente en la colocación en sus sitios de los herrajes, aisladores, accesorios en general, la placa de aviso de peligro y numeración de la estructura conforme al proyecto.

### **Tendido y tensado de Cable de Guarda**

Son los trabajos de colocación de un cable de acero de 3/8" y los herrajes necesarios en los extremos superiores de las estructuras y posteriormente tensarlo para dejarlo a una altura determinada del suelo.

### **Tendido y tensado de Cable Conductor**

Consiste en el tendido y tensionado de los conductores, la colocación definitiva de los herrajes conforme al proyecto y sus accesorios para sujetarlos a las cadenas de aisladores; la instalación de separadores cuando se necesiten y la realización del empalme de tramos de cable conductor, instalación de puentes y remates en las torres que lo necesiten, esto es de acuerdo a las flechas y tensiones de diseño.

## **IV.3.- PROGRAMACIÓN Y CONTROL**

En el campo de la construcción, se utilizan los recursos disponibles en calidad y cantidad tales que la obra resultante sea de la mejor calidad posible, se haya realizado a un costo razonable y en el tiempo previsto.

Para lograr lo anterior se requiere llevar a cabo, previamente, la planeación y programación cuidadosas de todas las actividades involucradas en la obra, utilizando las técnicas y elementos disponibles para representar esquemáticamente en el papel, aquello que posteriormente habrá de suceder en el campo y estar preparado para resolver las eventualidades que, indudablemente, surgirán durante la etapa de construcción.

Los elementos que dispone el encargado de la planeación y programación de obras son cada vez más abundantes (mejores computadoras, nuevas técnicas de representación gráfica, etc.), sin embargo, no debe olvidarse que la parte esencial del proceso es aquella del ser humano; es él quien define la estrategia constructiva a desarrollar y toma en todo momento las decisiones que le van guiando al objetivo fijado. La veracidad de la planeación es función directa de la experiencia de quien la realiza.

Es conveniente distinguir la acepción correcta de dos términos que con frecuencia se usan indistintamente: planeación y programación. Se puede decir que planeación, es el proceso de análisis sistemático, documentado y tan cuantitativo como sea posible, previo al mejoramiento de una situación y la definición y ordenamiento de los actos que conduzcan a ese mejoramiento; mientras que la programación se puede entender como la creación de un programa que ordene en el tiempo y en el espacio, el desarrollo de los actos necesarios para la modificación de alguna situación que pretende cambiarse.

En la programación de la obra se establecerán entre otras cosas, el número y secuencia de actividades en que se va a ordenar la misma y, en base a los volúmenes por ejecutar y los recursos disponibles, la duración de cada una de estas actividades para, después de la aplicación de alguna o algunas técnicas algorítmicas, obtener información relacionada con el costo y duración total del proyecto.

En el caso concreto de construcción de líneas de transmisión, la primera forma de control al iniciar una obra es la Bitácora, en la que se hacen anotaciones tanto por el residente de supervisión como por el constructor de la obra. Las anotaciones pueden ser observaciones sobre situaciones tales como procedimientos constructivos, entregas de materiales, estado del tiempo en caso de impedirse el trabajo, etc. El control consiste en verificar que se cumplan las especificaciones indicadas en el proyecto.

Cuando se trata de excavaciones, el control abarca la determinación de volúmenes, secciones y niveles con objeto de hacer los números generadores o verificarlos; para los concretos, la medición de volúmenes y la verificación de la calidad de los

materiales y toma de muestras del concreto elaborado para verificación de su resistencia.

Para el armado de torres se verifica el nivel de desplante, el nivelado del cuerpo inferior y el apriete de la tornillería.

En el relleno se verifica el grado de compactación y la calidad del material de relleno; las verificaciones deberán efectuarse por el residente de obra a través de un laboratorio de alguna institución o de propiedad particular, siempre que se garantice la veracidad de los resultados.

Para el tendido de cable de guarda, el residente supervisa que el cable no se dañe, que los empalmes se realicen de acuerdo a lo especificado y estará al pendiente de las entregas que haga el almacén y las devoluciones que haga quien construye. Para el control del tendido de cable conductor, se supervisa lo relativo a empalmes, flechas y tensiones.

Para el control de obra descrito, además de la bitácora correspondiente se puede llevar un gráfica en la cual se observe en conjunto el avance por concepto, el número y tipo de torre de la que se trate.

A continuación se incluyen ejemplos de un programa de obra y del avance por torre en la construcción de una L. T.

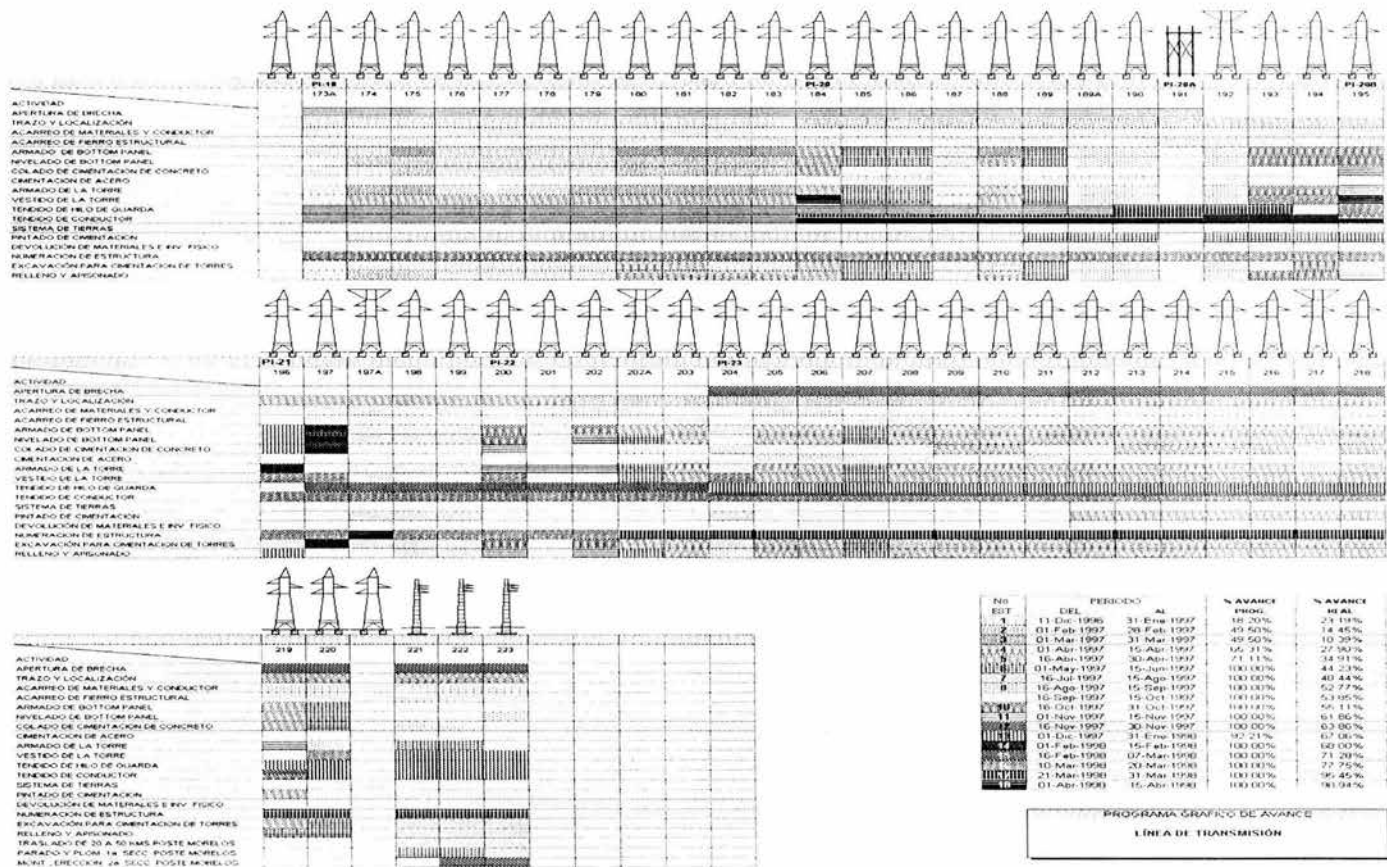
## PROGRAMA DE OBRA DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN

No. Part.	NOMBRE DE LA OBRA	No. Cuadrillas	2003	2004										INICIO - TERMINO		
			DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT			
A	TRAZO Y LOCALIZACION	2.00	■	■												02/12/03 04/01/04
B	CIMENTACIONES DE TORRES Y MUROS DE CONTENCIÓN	2.00	■	■	■	■	■	■								16/12/03 10/04/04
C	EXCAVACION PARA CIMENTACION DE TORRES EN TERRENO TIPO II	20.00	■	■												06/12/03 07/01/04
D	ARMADO DE BOTTOM PANELS	2.00	■	■	■											12/12/03 23/01/04
E	ARMADO DE TORRES	2.00		■	■	■	■	■	■							01/01/04 04/05/04
F	VESTIDO DE TORRES	2.00						■	■							23/04/04 05/05/04
G	TENDIDO Y TENSADO DE CABLES	2.00						■	■	■						24/04/04 17/06/04
H	TRASLADO DE MATERIALES	2.00	■	■												04/12/03 23/12/03
I	SISTEMAS DE TIERRAS	2.00								■	■					01/06/04 28/06/04
J	PLANOS Y DEVOLUCION DE MATERIALES	2.00									■	■				16/06/04 29/06/04
K	REBOBINADO DE CABLE ACSR 477 EN CARRETE PARA BOBINA	1.00	■													04/12/03 13/12/03
			1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4 5	
			SEMANAS													



## PROGRAMA DE OBRA DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN CON LLEGADA A SUBESTACIÓN

No. Part.	NOMBRE DE LA OBRA	No. Cuadrillas	2003	2004										INICIO - TERMINO			
			DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT				
A	TRAZO Y LOCALIZACION	2.00	■														02/12/03 04/01/04
B	CIMENTACIONES DE TORRES Y MUROS DE CONTENCIÓN	2.00	■	■	■	■	■	■									16/12/03 10/04/04
C	EXCAVACION PARA CIMENTACION DE TORRES EN TERRENO TIPO II	20.00	■														06/12/03 07/01/04
D	ARMADO DE BOTTOM PANELS	2.00	■	■													12/12/03 23/01/04
E	ARMADO DE TORRES	2.00		■	■	■	■	■									01/01/04 04/05/04
F	VESTIDO DE TORRES	2.00						■									23/04/04 05/05/04
G	TENDIDO Y TENSADO DE CABLES	2.00						■	■	■							24/04/04 17/06/04
H	TRASLADO DE MATERIALES	2.00	■														04/12/03 23/12/03
I	SISTEMAS DE TIERRAS	2.00								■	■						01/06/04 28/06/04
J	PLANOS Y DEVOLUCION DE MATERIALES	2.00									■	■					16/06/04 29/06/04
K	REBOBINADO DE CABLE ACSR 477 EN CARRETE PARA BOBINA	1.00	■														04/12/03 13/12/03
L	PARADO Y PLOMEADO DE POSTES MORELOS	1.00						■									01/04/04 10/04/04
			1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4 5		
SEMANAS																	



## PROGRAMA GRÁFICO DE AVANCE DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN

#### IV.4.- SUPERVISIÓN

La supervisión es una actividad importante para el Ingeniero Civil porque a pesar de que existen otras áreas dentro de la misma profesión, todas ellas persiguen un bien común "la realización de obras civiles" bien planeadas y debidamente ejecutadas.

El supervisor debe estar en constante actualización en lo referente a las leyes, normas, reglamentos de construcción y especificaciones.

El objetivo que persigue la supervisión de obras es: el lograr que todos los trabajos se realicen de acuerdo con el proyecto, en el tiempo necesario y previsto, con el menor costo posible, con la calidad requerida y la seguridad de la obra.

Es de vital importancia una oportuna supervisión durante la ejecución de cualquier obra, ya que en cualquier momento que surjan problemas, tanto técnicos como de seguridad, será el supervisor el encargado de resolverlos, para lo cual se necesitan profesionistas honestos y eficientes.

La supervisión podrá efectuarse, ya sea mediante personas físicas o por personas morales, pero ambas partes deberán contar con la capacidad técnica y eficaz para desempeñarla con autoridad y respaldo de sus representados.

De acuerdo a lo anterior, la definición del supervisor será la siguiente: Supervisor es la persona física o moral con los conocimientos técnicos adecuados para responder ante el propietario, el Director Responsable de Obra o el Corresponsable, en todos los aspectos de las obras a los cuales haya sido asignado, relativos a la seguridad estructural, diseño urbano y arquitectónico e instalaciones, ejecución, seguridad individual, orden, economía y tiempo programado.

Todo Supervisor debe estar entrenado y preparado, ya sea mediante la práctica profesional o cursos impartidos, conocer las leyes, reglamentos y normas oficiales relativas. Debe ser una persona con ética y responsable, activa y previsor.

Durante el proceso constructivo se llevan a cabo dos controles, el control administrativo y el control técnico, en este último es donde el laboratorio de materiales interviene efectuando el control de calidad de los mismos.

La Supervisión de obras deberá tomar acciones preventivas y en el último de los casos correctivas antes de que exista ó continúe un error dentro de la obra.

Cuando existe comunicación entre la Dirección - Supervisión de Obra - Constructor se podrán establecer acciones correctivas inmediatas para lograr la terminación de la obra dentro de los parámetros: tiempo, costo y calidad.

Durante la ejecución de la obra, la Supervisión desempeñará las siguientes actividades generales:

- Con base en los proyectos ejecutivos, el supervisor recibirá conjuntamente con la contratista, en el inicio de la obra, las referencias de trazo y bancos de nivel de partida que entregue la Residencia para su debida conservación y observancia durante la ejecución de los trabajos.
- Detectar físicamente, con el apoyo de la contratista, las instalaciones subterráneas existentes en el sitio, que interfieran con la ejecución de los trabajos.
- Transmitir a la Contratista las instrucciones propias y las que reciba de la dependencia, en forma adecuada y oportuna, de manera que su actuación sea preventiva más que correctiva.
- Proporcionar a la Contratista el apoyo técnico que requiere para interpretar los documentos del proyecto y detectar los posibles faltantes.
- Dar la solución a los problemas constructivos de orden técnico, siempre que no signifiquen un cambio de proyecto, en cuyo caso presentará a la dependencia un informe sobre el problema específico, que contenga alternativas de solución y su evaluación en costo y tiempo, para que ésta determine lo conducente.
- Programar conjuntamente con la contratista las etapas de aprobación de las inspecciones que efectúe para no interferir con el proceso constructivo, excepto cuando sea necesario por incumplimiento de los requisitos pactados contractualmente.
- Asistir a juntas de trabajo programadas por la Dependencia, participar en el análisis y resolución de los problemas que interfieran con el avance de la obra, ya sean de carácter técnico o administrativo; en su caso, elaborar y entregar a los interesados la minuta respectiva.
- Brindar a la contratista la ayuda necesaria para agilizar la tramitación de sus estimaciones.
- Mantener actualizado el archivo de la realización de la obra, teniendo especial cuidado en anular los documentos que ya no sean válidos por haber sufrido modificaciones.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en los planos y especificaciones particulares del proyecto.
- Exigir a la contratista que entregue con la debida anticipación, el programa de suministros, para su aprobación.
- Implementar un programa de verificación de calidad y presentarlo a la dependencia para recabar su visto bueno.
- Conjuntamente con la contratista, hacer levantamientos de los detalles de obra.
- En lo referente a la instalación de equipos y dispositivos que formen parte de la obra, comprobar que la contratista se apegue estrictamente a las indicaciones de los instructivos de instalación y montaje.

- Solicitar a la contratista que entregue dentro del plazo que haya fijado la dependencia, los programas detallados de construcción y el programa general integrado a partir de los anteriores.
- Durante el desarrollo de la obra, y en el lapso de proceder según el régimen del contrato, actualizar los presupuestos conjuntamente con la contratista cuando se presenten cambios o adecuaciones al proyecto.

#### **IV.5.- CONTROL DE CALIDAD**

La calidad es la llave maestra que abre, amplía y retiene el mercado, los proyectistas y constructores saben que la clave del éxito está en hacer y vender lo que el cliente desea, en el lugar y cantidad que quiera y al precio que pueda y quiera pagar, ya que la calidad se fija de común acuerdo entre constructor y usuario; sin embargo, para lograr esto es necesario que se desarrollen actividades altamente eficientes, controlando la calidad de los diseños, materiales, equipo y procesos constructivos, entendiendo perfectamente el significado de los conceptos Control y Calidad.

Sabemos que la reputación de buena o mala calidad es producto del interés o desinterés que se le dé a los trabajos que se realicen y de ninguna manera es un caso fortuito y cuando se tiene un prestigio de buena calidad, no se debe descuidar, ya que una sola falla en cualquiera de sus actividades, basta para que ese prestigio se venga abajo.

Se debe entender además, que el control de calidad no es un sustituto de los buenos trabajos de diseño, ni de los adecuados procesos constructivos, ni tampoco de una asidua supervisión, ya que éste es siempre requerido en los trabajos de alta calidad, por lo tanto, el control de calidad debe conceptuarse sólo como un auxiliar.

Control de calidad es un concepto único que se puede aplicar con el mismo significado a cualquier actividad, sin embargo, cada persona le da el significado que más le convenga, de acuerdo con la actividad y el medio en que se desenvuelve.

Existen ingenieros que ven en el control de calidad, a un grupo de personas que realizan muestreos y ensayos de laboratorio que pueden ser en algún momento útiles para dirimir polémicas relativas a la calidad con que fue construida una obra; otros ven a un grupo de represión, con el cual pueda amenazarse al grupo de construcción de una obra, para intimidarlo y con ello lograr mejores resultados.

Afortunadamente, existen otros que consideran al control de calidad como un verdadero auxiliar en la construcción; sin embargo, parece ser que aún no se ha comprendido la importancia del control de calidad y que no se han definido claramente sus objetivos, lo que hace que este no sea aplicado como debiera.

El control de calidad es un sistema integrado de actividades, presiones, procedimientos, equipo y materiales que afectan el establecimiento y posteriormente, el logro de un nivel de calidad, para que una obra cumpla con su propósito. Es muestreo, ensayo, inspección y selección de materiales para determinar si un procedimiento de construcción dado, garantiza el cumplimiento de los requerimientos de calidad fijados por el proyecto. Si un encargado del control de calidad no tiene claro concepto de éste, no podrá desempeñar su labor adecuadamente.

En lo relativo a líneas de transmisión el contratista debe considerar las normas que aplican para cumplir con la calidad requerida, entre las cuales se mencionan:

- Lo relativo a los recubrimientos anticorrosivos.
- Procedimiento de instalación del sistema de tierras en Líneas de transmisión.
- Fabricación y colocación de concreto en estructuras de subestaciones eléctricas y Líneas de Transmisión.
- Especificaciones para agregados de concreto.
- Método de ensayos a compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
- Especificaciones para concreto premezclado.
- Membrana de curado.
- Especificaciones para concretos hidráulicos mezclados.
- Especificaciones para rellenos compactados.
- Especificaciones para tendido y tensado de cables.
- Protección al medio ambiente.
- Especificaciones de habilitado de acero estructural.

Lo anterior es importante mencionarlo debido a que cuando se empezó a tomar en cuenta la calidad en los materiales, así como el control de los procedimientos, mano de obra, equipo y todos los factores que intervienen en la realización de una obra, solamente se contaba con la simple inspección visual no sujeta a restricciones, después se establecieron las especificaciones y los laboratorios de campo. Se pensaba entonces, que cada una de estas partes era por si sola una definición de control de calidad, cuando en realidad, forman parte de un sistema completo de control de calidad.

Entre el proyecto y la obra, es decir, en el proceso mismo, existe toda una gama de actividades que vigilar, una serie de materiales que verificar y distintos criterios que aplicar para llegar a un buen resultado, ejerciendo una inspección adecuada en todos los procesos, definiendo los puntos clave.

Teniendo en cuenta lo anterior, el control de calidad podría definirse como "El procedimiento o conjunto de procedimientos mediante el cual o los cuales se verifican las características de los materiales que intervienen en la realización de un proyecto, midiendo el porcentaje de calidad, tomando como referencia las condiciones de construcción fijadas de común acuerdo entre contratistas y constructores".

Lo antes mencionado aplica a todas las obras de ingeniería y en este caso particular, a la construcción de Líneas de Transmisión.

Por lo tanto antes de iniciar la construcción y junto con el proyecto, debe elaborarse todo un programa completo de control de calidad, definiendo el nivel requerido y contemplar desde entonces la conservación de la obra. Las especificaciones de construcción son un aspecto fundamental, ya que fijan de alguna forma las metas por lograr, los programas que conducen al logro de las mismas y a determinar si se alcanza o no lo deseado.

Otro de los elementos que se debe incluir en el control de calidad es la implementación de un programa de seguridad para garantizar el mejor cumplimiento del objetivo, realizar una obra que satisfaga las necesidades para lo que fue construida.

La calidad de una obra depende de los factores que intervienen en su construcción, como son: diseño, materiales, equipo, mano de obra, tecnología, organización, control, etc., y en la medida que estos factores sean controlados, será directamente proporcional al nivel de calidad que se obtenga.

La calidad es una medida que sirve para saber si lo construido alcanza a cubrir las exigencias de la necesidad.

El hecho de que la calidad forme parte importante de nuestras obras, repercute en la aceptación de los clientes, los que en última instancia determinan lo que van a comprar.

El control de calidad es importante porque permite establecer procedimientos de construcción que debidamente aplicados, dan suficiente confianza de que se obtendrán los requerimientos del proyecto, lo que redundará en economía para el constructor, y permite a este programar con mayor precisión sus operaciones, esto aunado a un menor número de rechazos, le producirá economías importantes, por lo tanto, el control de calidad aplicado como una serie de actividades integradas, reduce el costo de las obras, pero debe quedar claro que si se realizan estas actividades no integradas, no se está aplicando el control de calidad y por lo tanto se producen retrasos y encarecimiento de las obras.

Para el caso de Líneas de Transmisión, el control de calidad de la obra debe ejercerse sobre los puntos vitales de la misma, con criterio científico y razonable teniendo como referencia su programa de control, definido previamente, tomando en cuenta las normas que aplican en cada caso.

**MUESTREO DE CONCRETO FRESCO**  
 NMX-C-161 EN VIGOR

OBRA: _____ UBICACIÓN: _____ CONSTRUCTORA: _____ FECHA DE COLADO: _____	FECHA DE ENSAYE _____ / ____ / ____ _____ / ____ / ____ _____ / ____ / ____	N° DE OBRA: _____ CLAVE DE OBRA: _____
--	--	---

HORA	DESCARGA		EMPRESA PREMEZCLADORA	N° DE OLLA	N° DE REMISION	RENDIMIENTO		VOL. M <sup>3</sup>	N° DE MUESTRA	CANTIDAD DE CILINDROS	FC kg/m <sup>3</sup>	TIPO DE CEMENTO	E M AGREG
	VALOR	UNIDAD				INICIO	TERMINA						
LOCALIZACIÓN Y OBSERVACIONES:													
LOCALIZACIÓN Y OBSERVACIONES:													
LOCALIZACIÓN Y OBSERVACIONES:													
LOCALIZACIÓN Y OBSERVACIONES:													

**CALCULO DE LA MASA UNITARIA Y RENDIMIENTO**

MUESTRA N°	MASA DEL RECIPIENTE (kg)	MASA DEL RECIPIENTE + CONCRETO (kg)	MASA DEL CONCRETO (kg)	FACTOR DEL RECIPIENTE	MASA UNITARIA (kg/m <sup>3</sup> )	MASA DE LOS MAT. (kg)	RENDIMIENTO (m <sup>3</sup> )

MU = MASA UNITARIA EN kg/m<sup>3</sup>  
 MT = MASA DEL RECIPIENTE EN kg  
 MTC = MASA DEL RECIPIENTE + CONCRETO, EN kg  
 MC = MASA DEL CONCRETO EN kg  
 F = FACTOR DEL RECIPIENTE (l/m<sup>3</sup>)

MC = (MTC) - (MT)  
 MF = (MC)/F  
 R =  $\frac{MC}{MU}$

MU = MASA DE TODOS LOS MATERIALES  
 DE LA OLLA EN kg  
 R = RENDIMIENTO EN m<sup>3</sup>

_____ MUESTREADOR	_____ RESPONSABLE DE OBRA
----------------------	------------------------------

Muestreo de control de calidad



### RESULTADO DE ESTUDIO DE GRAVA

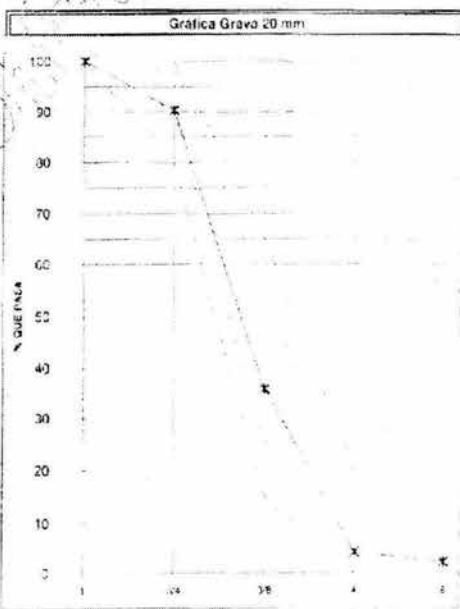
Referencia: NMX-C-164-1986 (S.S.S.) y NMX-C-077-1997 (ONNDE) para el tipo de grava y NMX-C-84-1990 para el tipo de grava y NMX-C-73-1990 para el tipo de grava

Forma de Envío: _____	Forma de estudio: _____	No. de Folio: _____
Mina de procedencia: _____	Ubicación: _____	Tamaño de la grava: 20 mm
Muestra por: _____	_____	Dirección de la grava: CALZA
Planta de procedencia: _____		

Masa específica ( S.S.S. ) ( Ref. NMX-C-164-1986 )	
$ME_{ss} = \frac{A}{B - C}$	
$ME_{ss} = \frac{3263}{3263 - ( 2732 - 898 )} = 2.66 \text{ gr/cm}^3$	
A = Masa de la muestra S.S.S. (Masa en el aire), en gr. B = Masa de la canastilla incluyendo la muestra dentro del agua, en gr. C = Masa de canastilla dentro del tanque de agua, en gr.	

Granulometría ( Ref. NMX-C-077-1997-ONNDE )				
No. malla	Retención	% Ret.	% Acum.	% Pasa
1	0	0.0	0.0	100.00
14	1010	0.7	0.7	99.30
18	8500	34.0	34.7	65.30
4	3550	31.7	66.4	33.60
8	1900	2.1	68.5	31.50
Charola	280	2.1	100.0	0.00
<b>Total</b>	<b>12490</b>			

Masa volumétrica ( Ref. NMX-C-73-1990 )	
Masa v. suelta: 14.027 kg	Factor = 1412 kg/m <sup>3</sup>
Masa v. compactada: 15.427 kg	Factor = 1553 kg/m <sup>3</sup>
	Factor = 100.00 l/m <sup>3</sup>



Absorción ( Ref. NMX-C-164-1986 )	
$\% \text{ Absorción} = \frac{\text{masa muestra SSS (g)} - \text{masa muestra (g)}}{\text{masa muestra (g)}} \times 100$	
% Absorción =	$\frac{3263 - 3229}{3229} \times 100 = 1.05 \%$

Perdida por lavado ( Ref. NMX-C-84-1990 )	
Secado a masa constante	
Masa muestra seca "Ms" (gr) =	2572 gr
Masa muestra seca lavada "Msl" (gr) =	2610 gr
% P x L =	$\frac{Ms - Msl}{Ms} \times 100 = \frac{2672 - 2610}{2572} \times 100 = 2.32 \%$

ESTADO DE INSPECCIÓN		
Conforme	<input checked="" type="checkbox"/>	No conforme <input type="checkbox"/>
		Rechazado <input type="checkbox"/>

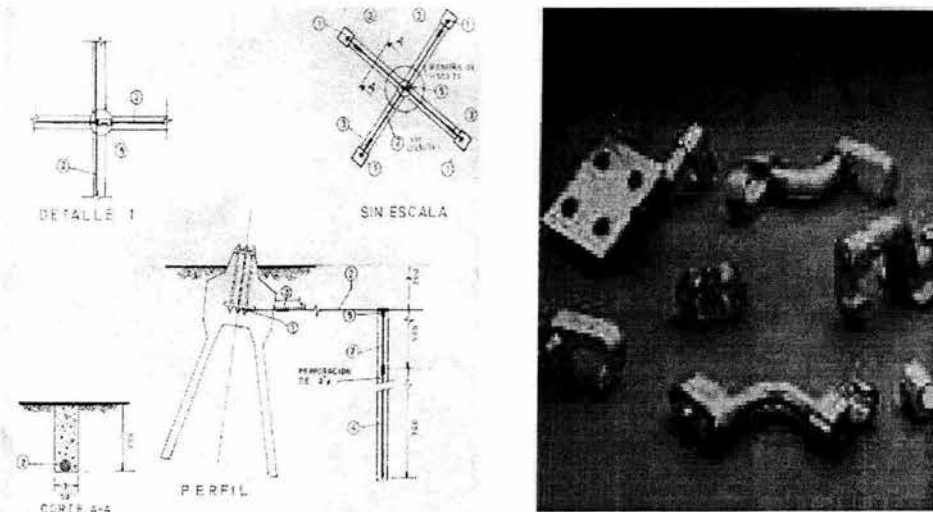
Observaciones

#### IV.6.- SISTEMAS DE TIERRAS

Un sistema de tierras es un conjunto de herrajes, cables, soldaduras, etc., que tienen la finalidad de formar un electrodo capaz de drenar descargas atmosféricas y sobrecargas, y puede ser capaz de proteger al personal y los equipos de transmisión; el sistema de tierras tiene dos objetivos principales que son:

- La seguridad personal y protección del equipo de operación.
- Habilitar la conexión a tierra de los neutros de los transformadores y demás equipo.

Se requiere por razones de seguridad, la conexión a tierra de todo elemento metálico como: interruptores, estructuras, tanques de transformadores, pasarelas, cercas o vallas, escaleras, barandillas metálicas, de tal forma que una persona que alcance cualquiera de estos elementos no reciba un choque eléctrico peligroso, se puede dar el caso de que un conductor se ponga en contacto o descargue sobre cualquiera de las partes mencionadas. Si todas las partes metálicas están bien unidas y cuentan con un adecuado sistema de tierras, se pueden prevenir daños a los equipos y al personal.



Tipo de sistemas de tierras y herrajes

Para las diferentes condiciones de suelo que se presenten y de acuerdo a la especificación CFE-OOJLO-28 se considerará lo siguiente:

Para suelos con afloramiento de roca superficial, la contra antena debe estar alojada en una zanja de una sección transversal de 0.50 metros de profundidad y un ancho

de 0.30 metros, considerando que después de ser colocado el cable y rellenada la zanja con intensificador químico y tierra vegetal, el constructor debe rematar la zanja colocando una capa superficial de concreto de baja resistencia ( $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ ) de 6 cm de espesor.

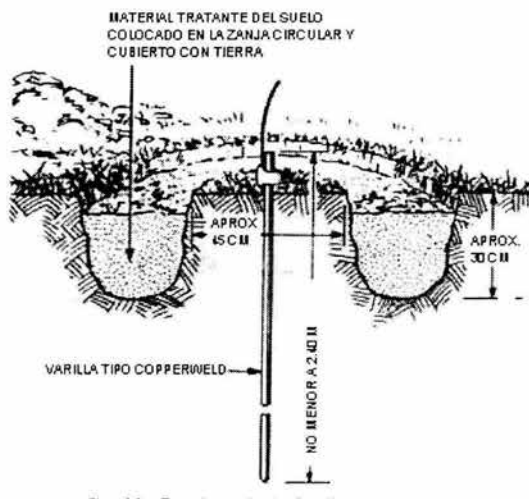
En todo el territorio nacional se tienen diferentes tipos de suelos, con diferentes características y propiedades, se clasifican de acuerdo al clima, altura sobre el nivel del mar, grado de compactación, granulometría, composición química, biológica, etc., dada la diversidad existente es necesario evaluar para cada sitio la medición de la resistividad del área en construcción, por medio de un terrómetro, esta medición será obtenida en ohms.

Con esta medición podemos diseñar un sistema de tierras apropiado a cada estructura que compone la línea de transmisión, con la finalidad de garantizar la seguridad del equipo y del personal, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

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 metros en una zanja de 0.30 metros de ancho, con las profundidades siguientes según el caso:

- 9.80 m en terrenos no cultivables.
- 1.50 m en terrenos de cultivo

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



Hincado de varilla Coperweld para sistema de tierras

Si el nuevo valor de la resistividad ohmica, medido con el sistema de tierras totalmente instalado es mayor de 10 ohms, se debe instalar en el extremo de la contra antena una varilla tipo copperweld con longitud de 3.00 metros y diámetro de 16 mm.

Las profundidades son con respecto al nivel del suelo.

Si persiste el valor de la resistividad del terreno mayor a 10 ohms, debe optarse por la implementación de registros o pozos de tierras con 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 (soldaduras cadwell).

<b>Diseño de sistema de tierras para torres</b>			
<b>Intervalo de resistividad Ohms-m</b>	<b>Longitud de contra-antena en m</b>	<b>Longitud de contra-antena por estructura en m</b>	<b>Numero de varillas por estructura</b>
Menor a 100	3	12	4
100 a 300	6	24	8
300 a 500	12	48	12
500 a 750	24	96	20
750 a 1000	30	120	24

<b>Diseño se sistemas de tierras para postes</b>			
<b>Intervalo de resistividad Ohms-m</b>	<b>Longitud de contra antena en m</b>	<b>Longitud de contra-antena por estructura en m.</b>	<b>Numero de varillas por estructura</b>
Menor a 100	3	6	2
100 a 300	6	12	4
300 a 500	12	24	6
500 a 750	24	48	8
750 a 1000	30	60	12

## CAPÍTULO V

### COSTOS

#### V.1.- EVALUACIÓN ECONÓMICA

El objetivo de la evaluación económica de un proyecto es el de comparar sus costos y beneficios económicos con la finalidad de tener un panorama sobre la conveniencia de realizar proyectos o remplazarlos por otros.

Una evaluación económica comprende la última parte de la secuencia del análisis de factibilidad del proyecto, en la cual se obtienen los costos que comprende el proceso constructivo, y en la que se calcula también la inversión necesaria para poder construir la Línea de Transmisión.

Se estima además, que el dinero sufre una disminución en su valor real a través del tiempo, considerándose una tasa igual al del nivel de la inflación vigente, por lo tanto se considera el cambio del valor real del dinero a través del paso del tiempo.

La consideración del análisis económico del sistema eléctrico de transmisión es complejo porque básicamente se busca un servicio de calidad y funcionalidad y no de lucro.

Cada proyecto específico tiene características propias, en consecuencia no se tiene un costo único para ser aplicado a cada proyecto tipo.

Existen elementos para la evaluación económica de proyectos dados y se pueden hacer mediciones de los recursos que demanda un proyecto para su realización.

La información necesaria para la estructura de los costos y la determinación de los parámetros, proviene de la coordinación de proyectos de transformación de la subdirección de construcción.

Existen costos para Líneas de Transmisión entre los cuales se encuentran :

- 1.- Costos directos
- 2.- Costos directos mas indirectos

También están los costos unitarios de inversión por kilómetro directo y directo más indirecto.

El Costo Directo es el resultado de sumar en unidad monetaria las erogaciones correspondientes a la construcción de una Línea de Transmisión, comprendiendo los valores de los materiales, equipo, mano de obra, terrenos, supervisión de

construcción, etc, integrados en un kilómetro de línea, suponiendo que todas las erogaciones se realizan en un solo punto de un tiempo dado, este concepto es el que se utiliza para la formación y elaboración de los presupuestos anuales de inversión por proyecto, además para las actividades de seguimiento de avance de presupuesto en las obras y también para los estudios de evaluación de la expansión de los sistemas eléctricos.

Al agregar al costo directo los costos originados por administración de proyecto, ingeniería, control y otras actividades directamente relacionadas con las obras, las cuales son realizadas por la dependencia, se obtiene el costo directo más indirecto.

Básicamente, hay tres conceptos que integran el costo de inversión: materiales y equipo de instalación permanente, construcción y otros.

Los materiales y equipo de instalación permanente son los equipos que constituyen la línea misma tales como: torres, cables, aisladores, herrajes, sistema de tierras, protección catódica, etc.

En lo referente a la construcción, implica la mano de obra y equipo necesario para el montaje de torres de transmisión, en el tendido de conductores y de guarda, incluyendo toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo estas actividades.

En el concepto de otros se refiere al transporte de los materiales y equipos de instalación permanentes, las indemnizaciones por derecho de vía, los estudios topográficos y la supervisión de construcción de las obras.

La evaluación económica de los proyectos de inversión, consiste en el concepto del valor del dinero en un tiempo, al valor se le llama interés, y representa el aumento sobre la cantidad inicial, es decir del préstamo o de la inversión y la cantidad final acumulada:

$$\text{Interés} = \text{Cantidad total acumulada} - \text{Cantidad inicial}$$

Tasa de interés : es el interés expresado en porcentaje de la cantidad original en el tiempo :

$$i = \text{Cantidad} = (\text{Interés/Cantidad Original}) \times 100$$

Tasa de retorno: cuando se invierte una cantidad de dinero, se recibirá una cantidad sobre la inversión.

$$\text{Tr} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Inversión}} * 100$$

La tasa de retorno se utiliza al determinar la rentabilidad de una inversión, y la tasa de interés se utiliza cuando se solicita capital en préstamo, puede ser durante una construcción.

La tasa de interés efectiva, es en función del número de periodos de capitalización en el año, de donde se tiene la ecuación :

$$Ie_f = (1 + r/t)^t - 1$$

$Ie_f$  = interés efectivo anual

$r$  = interés nominal anual

$t$  = Numero de periodos de capitalización en el añ.

La tasa nominal anual, es la tasa de interés del periodo multiplicado por el número de periodos al año

$$r = i t$$

Si el interés nominal anual se capitaliza continuamente se tiene el interés efectivo anual

$$Ie_f = e^r - 1$$

La tasa puede ser anual, mensual, semestral, etc., lo que debe corresponder siempre al tamaño del periodo seleccionado en todo el análisis, si se opta por utilizar el periodo anual, se recomienda utilizar la tasa de interés efectiva anual.

Un proyecto de inversión se analiza con el interés compuesto, esto es que los intereses generan intereses.

Existen parámetros económicos de evaluación, tales como la inversión, y dentro de ésta se encuentran los costos directos y los costos indirectos.

Costos directos (CD): son los costos que están directamente involucrados con la adquisición de equipo, materiales, mano de obra, etc., fundamentales para el proyecto.

Costos indirectos (CI): son los costos que están relacionados con la ejecución de un proyecto, pero no están involucrados directamente tales como estudios previos, administrativos, de ingeniería, etc.

Siendo:

$$Inversión\ total = CD + CI$$

Para que los proyectos sean comparables, los montos de inversión deben ser en moneda de la misma fecha, por lo tanto se tiene que actualizar mediante índices de ajuste de precios.

Los intereses generados por el costo del dinero durante la construcción a la fecha de inicio de operación, depende del tiempo de construcción, tasa de interés o costo del dinero y plan de inversión o flujo de efectivo.

Por lo que se tiene el factor para calcular el interés durante la construcción, hasta la fecha de operación comercial es:

$$FVP_{\text{COSNT}} = \sum_{t=-N}^{-1} It / I * (1 + i)^{-t}$$

$i$  = tasa de interés

$t$  = años de construcción en el que se hace el desembolso  $It$

$It$  = monto de inversión en el año  $t$

$$I = \text{inversión total} \quad I = \sum_{t=-N}^{-1} It$$

Cuando se hace el análisis económico de un proyecto, hay un elemento de incertidumbre en relación a las alternativas estudiadas, es decir, resulta necesario determinar que tan sensible es el resultado al cambio en el valor de un parámetro, que puede ser la tasa de retorno, la inversión estimada, la vida útil, etc., por lo que un estudio económico completo debe incluir la sensibilidad de los criterios económicos a cambio en las estimaciones usadas.

Un análisis de sensibilidad, se utiliza en la práctica, pero además de éste, están los análisis de riesgo y simulación, árbol de decisiones, que se utilizan para evaluar la incertidumbre de una propuesta de inversión.

Cuando en el proyecto de inversión todos sus parámetros son inciertos o dependen de un estudio de probabilidad, la técnica de análisis de sensibilidad no se utiliza y se opta por otras técnicas.

Con la ponderación de los resultados cuantitativos obtenidos, se determina el rendimiento económico del proyecto por medio del cálculo de la relación beneficio–costo y el tiempo de retorno de la inversión.

**B/C** = Beneficios uniformes equivalentes / Costos uniformes equivalentes

$$B / C = \frac{(A - G) * FVPT}{(INVERSIÓN)}$$

$A$  = Ahorros anuales

$G$  = Gastos anuales



O también se puede utilizar la ecuación equivalente :

$$B/C = \text{Beneficio VP} / \text{Costo VP}$$

Y si tenemos que la relación es mayor que 1.0, el proyecto resulta conveniente, además de que es una medida de la eficiencia o rendimiento económico del proyecto.

En cuanto al Tiempo de retorno de la inversión (TR), se tiene la ecuación para determinar el periodo de recuperación de la inversión que no considera el valor del dinero en el tiempo, siempre y cuando se utilice en forma preliminar para eliminar alternativas, con la reserva de que no sea una decisión definitiva.

$$TR = \frac{\text{Inversión}}{(A - G)}$$

Existe un método correcto para calcular el periodo de recuperación de la inversión, siempre y cuando se tome en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es decir que se tiene un ingreso uniforme para recuperar una inversión dada y la capitalización es continua.

$$A = P * \{ (e^r - 1) / (1 - e^{-rn}) \}$$

A = Ingreso uniforme

P = Valor presente de la inversión

n = Numero de periodos

al despejar **n** se tiene

$$n = \frac{\text{Ln} [ 1 - ((e^r - 1) / (A/P)) ]}{-r}$$

De donde **n** significa el periodo de recuperación (TR) para las condiciones indicadas.

La ecuación, es la que debe utilizarse para que se determine cual de las alternativas es la más conveniente cuando se utiliza el método del periodo de recuperación.

## ECUACIONES PARA ANÁLISIS DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN

<b>Flujo de pagos discretos y su equivalencia en valor económico</b>	FACTOR	DADO	VARIABLE
Valor futuro equivalente de un pago único en el presente	$(1 + i)^n$	P	F
Valor presente de un pago único en el futuro	$(1 + i)^{-n}$	F	P
Valor anual equivalente uniforme de un pago único en el futuro	$i / (1 + i)^n - 1$	F	A
Valor anual equivalente uniforme de un pago único en el presente	$i(1 + i)^n / (1 + i)^n - 1$	P	A
Valor futuro equivalente de una serie anual uniforme de pagos	$(1 + i)^n - 1 / i$	A	F
Valor presente de una serie anual uniforme de pagos	$(1 + i)^n - 1 / i(1 + i)^n$	A	P
<b>Flujo de pagos continuos y su equivalencia en valor económico</b>	FACTOR	DADO	VARIABLE
Valor futuro equivalente de un pago único en el presente	$e^{rn}$	P	F
Valor presente de un pago único en el futuro	$e^{-rn}$	F	P
Valor anual equivalente uniforme de un pago único en el futuro	$\frac{e^r - 1}{e^{rn} - 1}$	F	A
Valor anual equivalente uniforme de un pago único en el presente	$\frac{e^{rn}(e^r - 1)}{e^{rn} - 1}$	P	A

Donde    A = Actual  
           P = Presente  
           F = Futuro

También tenemos que la tasa interna de retorno  $\rho$ , es la tasa de interés que hace igual a cero el valor actual de un flujo de beneficios netos, es decir, es aquella tasa de descuento que aplicada a un flujo de beneficios netos hace que el beneficio al año sea exactamente igual a cero.

$$VABN = \sum_0^n BN_i / (1 + r)^i$$

Esta fórmula indica el valor actual del flujo de beneficios netos, descontados a la tasa de interés "r" cuando estos  $BN_i$  se producen al final del año "i", variando el valor para "r" se determinará la tasa de retorno  $\rho$ , ya que esta tasa es aquella que hace que  $VABN = 0$

$$VABN = \sum_{i=0}^n BN_i / (1 + \rho)^i$$

Se tiene que los gastos se hacen perfectamente sincronizados con los ingresos, de tal manera que el  $BN_i$  se obtiene al final del periodo i (para  $i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$ ) sin que existan nuevos costos o ingresos hasta el final del periodo siguiente.

Es decir, se tiene la siguiente regla de decisión:

Es conveniente realizar la inversión cuando la tasa de interés es menor que la tasa interna de retorno, o sea, cuando el uso del capital en inversiones alternativas rinde menos que el capital invertido en este proyecto.

Supongamos que se tiene una tasa de interés del mercado del 10%, con los ingresos netos

$$IN_0 = \$ -100 \quad \text{y} \quad IN_1 = \$ 120$$

$IN_0$  = ingreso neto al final del año cero ( principio del año 1 )

$IN_1$  = ingreso neto al final del año 1

$$0 = -100 + \frac{120}{(1 + \rho)} \quad \text{despejando a } \rho$$

$$100 (1 + \rho) = 120 \quad ; \quad \rho = \frac{20}{100} ; \quad \rho = 20\%$$

Cuando la tasa interna de retorno (20%) es mayor que la tasa de interés de mercado (10%), la inversión es conveniente, es más rentable que la alternativa.

Como se había mencionado, en relación a la razón de beneficio - costo (B/C), se tiene que hacer la inversión solo si la razón de beneficio - costo es mayor que la unidad; o sea si los beneficios son mayores que los costos.

Supongamos que el flujo de costos y de ingresos de una inversión sea de :

Costos	100	1.100	12.100
Beneficios	50	1.650	14.520

Para  $r = 10\%$

$$VAC = 100 + \frac{1.100}{(1.1)} + \frac{12.100}{(1.1)^2} = 100 + 1.000 + 10.000 = 11.100$$

$$VAB = 50 + \frac{1.650}{(1.1)} + \frac{14.520}{(1.1)^2} = 50 + 1.50 + 12.00 = 13.550$$

El valor actual de los beneficios netos es:

$$VABN = 13.550 - 11.100 = 2.450$$

La razón beneficio - costo es :

$$\frac{VAB}{VAC} = \frac{13.550}{11.100} = 1.22$$

Entonces el proyecto es deseable, ya que la relación beneficio - costo es mayor que uno.

## V.2.- EVALUACIÓN TÉCNICA

En esta evaluación se determina el tamaño de la Línea de Transmisión, su localización óptima, ingeniería de proyecto y su análisis administrativo.

Se evalúan también los siguientes puntos: entre que subestaciones se requiere la construcción de la línea, tensión de operación, número de circuitos, longitud aproximada, cable conductor, tipo de estructura.

Obteniéndose así el plano de la trayectoria y con la información meteorológica del país se recaban los siguientes datos para su diseño: altitud sobre el nivel del mar, temperaturas anuales, velocidad del viento, niveles y tipo de contaminación, corrosión del suelo y ambiente, densidad de rayos; con estos datos recabados se seleccionan las estructuras a utilizar, determinación del número y tipo de aisladores, protección catódica en cables, estructura y herrajes, tensionado de cables conductores y de guarda.

En la plantilla para localización de estructuras, los factores importantes que intervienen son: la distancia longitudinal, tensión mecánica del cable, peso del cable.

En la localización y selección de estructuras se obtendrá la mayor distancia posible con la estructura más ligera, se tratarán de eliminar terrenos accidentados que no permitan la construcción, así como bosques y cultivos, factores que también se tomarán en cuenta para colocar la menor cantidad de torres.

Una vez determinada la longitud de la línea y tipo de estructuras para la construcción, es viable determinar la cantidad de materiales y equipo de instalación permanente como son: cable conductor y de guarda, aisladores, torres de acero, herrajes, amortiguadores, tornillos.

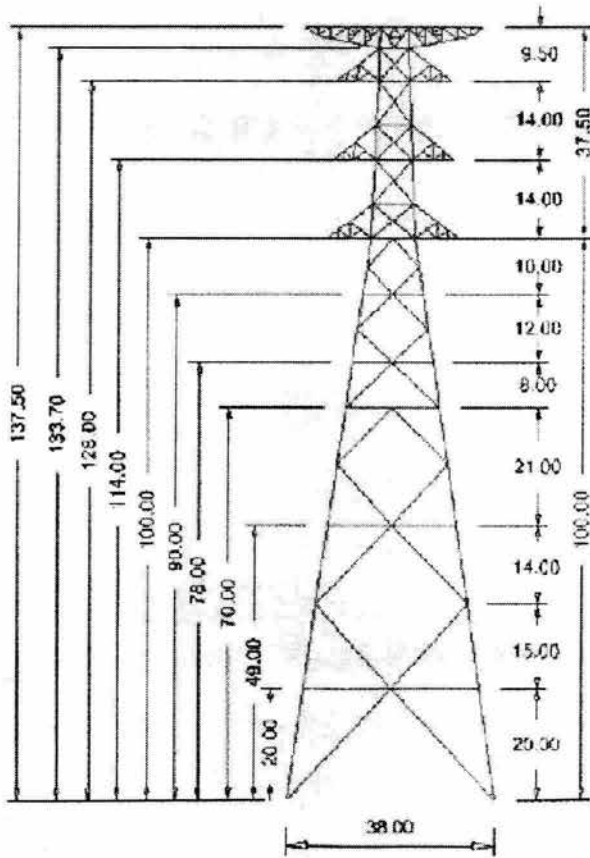
Con los datos de tensiones de cables y sus características se calcularán las flechas, es decir, el punto mas bajo de la catenaria formado por el cable tendido para cada claro interpostal y la temperatura que se presentará en el proceso de tendido y tensionado de los cables durante la construcción. Los parámetros que intervienen para las flechas son los siguientes: claro interpostal, desnivel entre apoyos, número de claros entre dos estructuras de anclaje, peso del cable, tensión mecánica del cable, velocidad del viento, temperatura, formación de hielo, módulo de elasticidad del cable, coeficiente de dilatación térmica del cable.

En el montaje de las torres, si se tienen que absorber desniveles del terreno, se instalarán módulos de diferente longitud en cada una de las patas de la estructura, llamados extensiones, que permitirán lograr el empotramiento necesario en cada una de las cimentaciones, sin afectar la altura de la estructura.

Para los cruzamientos con las vías de comunicación como son carreteras, ferrocarriles, canales navegables, etc, por ley se solicitarán las autorizaciones a la dependencia correspondiente; es necesario para ello la elaboración de un plano a escala en donde se indiquen las dos estructuras adyacentes al cruzamiento, la catenaria del cable conductor a temperatura máxima y datos básicos de cables, estructuras y condiciones meteorológicas de la zona.

El estudio para el sistema de tierras y la protección catódica, se desarrollará a partir del levantamiento de la cimentaciones del terreno y se llevará a cabo para lograr que las estructuras sean la vía para descargar en el terreno las corrientes eléctricas anormales o extraordinarias.

Las cimentaciones que se encuentren en terrenos agresivos al acero y para protegerlas contra la corrosión, se instalarán ánodos de sacrificio.



Dimensiones generales de torre tipo

Un sistema de transmisión se basa en la selección de las líneas y equipos que suministran la potencia requerida con la calidad de servicio especificada con los mínimos costos.

En el aspecto eléctrico se tiene:

- 1.- Selección del voltaje.
- 2.- Calibre del conductor.
- 3.- Disposición geométrica de los conductores.
- 4.- Regulación.
- 5.- Pérdidas.
- 6.- Efecto corona.
- 7.- Control de reactivos.
- 8.- Estudios de estabilidad.
- 9.- Selección de interruptores.
- 10.- Arreglo de barras.
- 11.- Coordinación de aislamientos.
- 12.- Selección de pararrayos.
- 13.- Sistema de tierras y protección catódica.
- 14.- Protecciones por relés.
- 15.- Hilos de guarda.

En lo mecánico tenemos:

- 1.- Cálculo de flechas y tensiones.
- 2.- Distancias mínimas.
- 3.- Selección de aislamiento.
- 4.- Selección de herrajes y conectores.

En cuanto a lo estructural tenemos:

- 1.- Selección del tipo de estructura.
- 2.- Diseño de los elementos.
- 3.- Cimentaciones.
- 4.- Retenidas (si se requieren).

También están las actividades de:

- 1.- Trazo y localización de la línea.
- 2.- Derechos de vía.
- 3.- Levantamiento topográfico.
- 4.- Localización de estructuras.

En la construcción de Líneas de Transmisión, las estructuras más comunes son de acero galvanizado, y se diseñan para soportar la rotura del conductor, éstas torres pueden ser autosoportadas o arriostradas, o postes troncocónicos, dependiendo del tipo de terreno y de las zonas rurales o urbanas.

Una vez que se determinó la localización y las alturas de las estructuras, se seleccionarán los tipos, en función del claro de viento, el claro de peso y el ángulo de deflexión en cada caso.

También se considera en el aspecto económico, lo siguiente:

- Hacer que la catenaria de libramiento coincida con el perfil tanto como sea posible.
- Localizar las estructuras utilizando al máximo posible el claro de viento de éstas, el claro debe ser lo más grande posible; la selección de los claros depende también de la topografía, libramientos, deflexiones, vientos y vibraciones.
- Las alturas de las torres de tensión deben ser las de menor dimensión posible, también se determinan en función del claro económico de la Línea de Transmisión.
- A esta altura se le denomina nivel +0 de la estructura; se adicionan aumentos positivos o negativos según sea el caso para librar obstáculos durante la localización, buscando el empleo de la menor cantidad posible de torres.

Para la unión de las partes que conforman la estructura de las torres, se utilizan tornillos tipo A307 y se fabrican con acero al carbón con características de esfuerzos y deformaciones muy parecidas al acero A-36, sus diámetros varían desde 5/8" hasta 1 ½" en incrementos de 1/8". Son de cabeza hexagonal, ya que se facilita la manipulación con las llaves mecánicas y requieren menos espacio para girarlas, tienen relativamente grandes tolerancias en el vástago y en las dimensiones de la cuerda, se utilizan en torres ligeras a cargas estáticas y en miembros secundarios (largueros, correos, cruces, plataformas, peldaños, etc.).

También están los tornillos de alta resistencia que se fabrican basándose en acero al carbón tratado térmicamente y aceros aleados; tienen resistencia a la tensión de 2 ó más veces que la de los tornillos ordinarios. Los hay de dos tipos, los tornillos A325 hechos con acero al carbón tratado térmicamente y los A490 de mayor resistencia hechos de acero aleado; estos tornillos de alta resistencia se utilizan para todo tipo de torres.

Los voltajes de operación de la transmisión son de 400 kV; 230 kV y 115 kV.

En cuanto a los voltajes de operación se toman en cuenta las necesidades de la potencia a transmitir y la distancia al centro de consumo.

Los conductores más utilizados son cables de aluminio trenzado sobre un alma de acero denominados ACSR.



Voltaje KV	Conductor ACSR Calibre (MCM)
400	2 x 1113 ( 2 conductores por fase )
230	1 x 900
115	1 x 795
115	1 x 477

MCM = Mil Circular Mil

El circular mil es una unidad de área que equivale a la superficie de un círculo que tiene un diámetro de una milésima de pulgada.

Dichos calibres son los más económicos para conductores.

MCM	Núm. de alambre	Diámetro	Peso/Km	Resistencia
477 ACSR	30/7	22.4 / 9.6	1109	7.58 Ton
477 AW	24/7	21.5 / 7.2	872	
795 ACSR	26/7	28.1 / 10.4	1629	13.84 Ton
900 ACSR	54/7	29.5 / 9.8	1723	14.07 Ton
113 ACSR	45/7	32.0 / 8.0	1867	13.30 Ton

Para la ejecución del tendido de cables conductores se requiere lo siguiente:

1. Tener el conocimiento a detalle de la trayectoria de la línea, ubicación de acuerdo al kilómetro de la línea, de obstáculos indicando su altura, cruzamiento con vías de comunicación y estructuras de deflexión y anclaje.
2. Supervisión en el almacén de los herrajes, ensambles de conjuntos, estado de los carretes de cable y verificación de los números de identificación, peso y longitud de los conductores.

Se elabora un programa de tendido que consiste en dar ubicación en la línea al cable de cada uno de los carretes, ordenando longitudes iguales en las fases, con la finalidad de tener los puntos de empalme, en sitios predeterminados que sean accesibles y adecuados para evitar desperdicios de cable, facilitando y optimizando las maniobras.

En este programa se analizan la ubicación de empalmes respecto a las estructuras de tensión o anclaje y cruzamientos con líneas de transmisión o vías de ferrocarril, para dar cumplimiento a las especificaciones de construcción, operación y mantenimiento de la instalación.

Se obtienen también las longitudes de los tramos para el tendido conforme a la capacidad del equipo, la fecha de ejecución de las actividades de transporte de carretes a la línea; tendido y tensado considerando la producción promedio que

permita la optimización del equipo, los accesorios de tendido y determinación del número de empalmes a instalar.

Para esto se necesita que haya un control de calidad en el tendido de cables conductores, ya que es de suma importancia instalar el cable sin dañarlo y sin riesgos potenciales de fallas por juntas o empalmes mal realizados, por lo tanto consideraremos lo siguiente.

- Se inspeccionarán visualmente los carretes de cable conductor y capas exteriores del cable así como los ensambles de herrajes.
- Verificación en la salida del cable conductor de la máquina devanadora, en la que el cable no presente ningún hilo dañado y cuidando que la presión hidráulica que se tenga en la máquina sea la necesaria para que el cable no se arrastre en el terreno en ningún momento.
- Constatar el buen funcionamiento y compresión adecuada de las máquinas empalmadoras, realizando varios empalmes en el almacén para hacerles pruebas de tensión.
- En el proceso de instalación de los empalmes se deberá evitar que se deformen, y si al finalizar el proceso existe una curvatura, el empalme se deberá sustituir en la instalación del empalme y se tendrá que verificar la colocación de grasa inhibidora (anticorrosivo) en el espacio comprendido entre el núcleo de acero y el tubo de aluminio.
- Anteriormente a la sujeción final del cable conductor, se deberá verificar la flecha de la catenaria que forme el cable en un claro representativo (claro regla) del tramo que se esta tensionando, considerando la temperatura ambiente y la tensión longitudinal, por lo que se deberá comprobar con un dinamómetro, además se revisarán las flechas y alturas iguales en las fases en otro claro, antes de efectuar el enclenado o sujeción definitivos.

En el tendido de cables se necesitan accesorios especializados, estos varían sus características y tamaño en cuanto al diámetro del conductor, número de conductores por fase de línea y tensión de trabajo del cable, los cuales son:

- Poleas con garganta recubierta de neopreno
- Yugo para tendido de conductores múltiples
- Tensor tipo malla
- Conector destorcedor
- Conector simple
- Tensor tipo quijada
- Tensor tipo tornillo
- Guillotinas hidráulicas
- Cortadora y flejadora para cable

- Dinamómetro
- Termómetro para tensar
- Canastilla para colocación de separadores
- Porta carretes
- Empalmadoras (prensa, compresora y dados)

El equipo o maquinaria que se utiliza, usualmente está integrado por frenador y malacate, accionados por sistemas hidráulicos y estos a su vez por motores de combustión o bombas manuales, acopladas en remolques o vehículos. Varían de acuerdo al número de conductores a tender y al tipo de terreno donde se localizará la Línea de Transmisión y son:

1. Devanadora: Máquina cuya función es la de oponer una resistencia al cable conductor a la salida del carrete o detener el proceso de tendido, frenando completamente la salida del conductor.
2. Reembobinador de cable prepiloto: Consiste en un cable muy ligero diseñado para tenderse con personal o vehículo, en los tramos de las líneas, con el cable ya tendido; su función es la de recuperar contracción del prepiloto, que simultáneamente transportará el cable piloto de acero por las poleas de la traccionadora hacia el punto donde se localiza el conductor para dar inicio al tendido.
3. La función de la Traccionadora es la de transportar sobre las poleas el cable conductor, recuperando el cable piloto de acero tendido previamente. El movimiento del cable sobre las poleas se genera con la diferencia de tensión que se presenta entre la devanadora y la traccionadora.
4. Portacarretes: Los hay fijos o con remolques cuya función es la de soportar los carretes de cable durante el proceso de devanado.

Cable de guarda: éste se instala en la parte superior de las estructuras, y es un pararrayos continuo a lo largo de toda la línea. Generalmente es de acero galvanizado (9.5 mm diam.) pero algunas veces se utiliza una aleación de cobre y acero (alumoweld), formado por 7 hilos de acero alta resistencia mecánica, extragalvanizado.

Número de hilos	7
Diámetro	9.53 mm
Área	51.2 mm <sup>2</sup>
Peso	406 kg/km
Carga de ruptura	4900 kg
Modulo de elasticidad inicial	15747 kg/mm <sup>2</sup>
Modulo de elasticidad final	18137kg/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación lineal	11.52x10 <sup>-6</sup> /°C

Aisladores: se utilizan para rigidizar las líneas de transmisión, y sirven para soportar adecuadamente el conductor eléctrico, al grupo de aisladores que interactúan en una línea se le llama cadena de aisladores. Los aisladores de suspensión se clasifican de la siguiente manera:

Por acoplamiento.

- Horquilla y ojo anular
- Calavera y bola

Por su aplicación.

- Normal
- Corrosión
- Contaminación

Para líneas de 85 kV se utilizan aisladores de 254 diámetros por 146 mm llevando las cadenas de suspensión 6 unidades y las de tensión 7.

Para líneas de 230 kV se utilizan aisladores de 254 diam X 146 mm y llevan 16 unidades, las de tensión 2X17

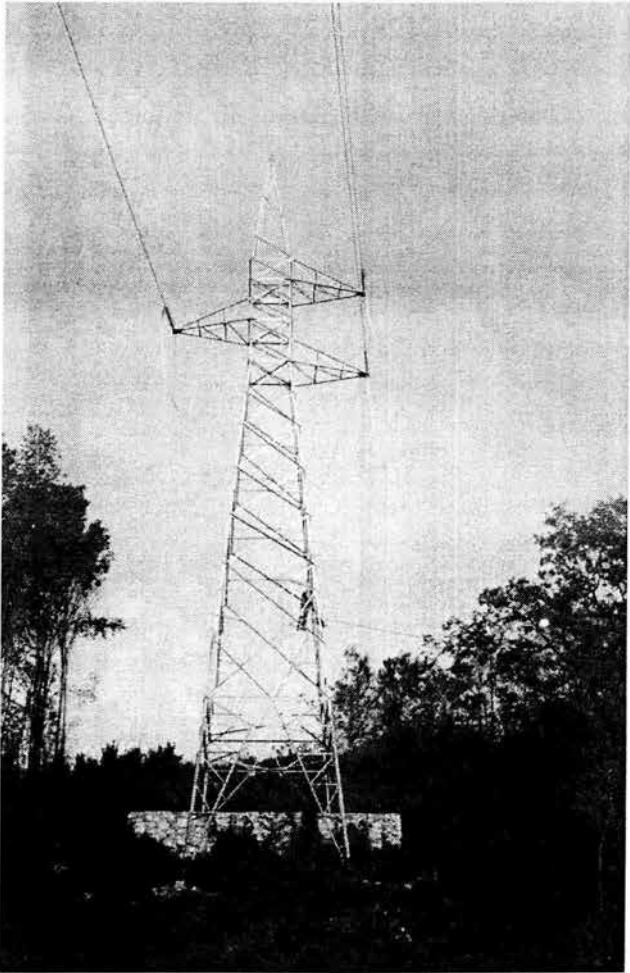
En líneas de 400 kV se utilizan aisladores de 254 diam X 146 mm, las cadenas de suspensión llevan 23 unidades y las de tensión 2X24

En las cadenas de tensión se lleva un aislador mas que las cadenas de suspensión, cuyo objetivo es hacer que la probabilidad de flameo sea mayor en éstas.

Los aisladores tienen un acabado en vidrio o porcelana, completamente lisos en toda su superficie, libre de burbujas o de imperfecciones; sus partes metálicas son fabricadas de hierro o de acero y con galvanizado por inmersión en caliente, existen diferentes tipos de aisladores como son:

1. Tipo alfiler y poste
2. Soporte (tipo alfiler y columna)
3. Retenida
4. Carrete

Herrajes: son integrados por el material que agrupan 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 y descargadores.



### V.3.- PRESUPUESTACIÓN

En general, todo proyecto de construcción en líneas de transmisión eléctrica se evaluará económicamente previo a su construcción a fin de optimizar tiempo y costo de acuerdo al catálogo de conceptos, que derive de una adecuada selección del método y proceso constructivo, los conceptos más relevantes son:

1. Caminos de acceso.
2. Verificación del levantamiento topográfico y localización de estructuras.
3. Excavación a cielo abierto.
4. Plantilla de concreto.
5. Cimbra en cimentaciones para estructuras.
6. Acero de refuerzo para concreto.
7. Concreto en cimentaciones.
8. Concreto ciclópeo.
9. Relleno compactado con material producto de excavación.
10. Relleno compactado con material producto de banco.
11. Protección de cimentación a base de mampostería.
12. Anclaje para cimentaciones.
13. Suministro e hincado de pilotes.
14. Acero de refuerzo en traveses de liga cabezales y dados
15. Cimbra en traveses de liga cabezales y dados.
16. Concreto en traveses de liga cabezales y dados.
17. Cimentación a base de pilas para postes troncocónicos.
18. Acero de refuerzo para concreto.
19. Vaciado de concreto.
20. Montaje de estructuras de acero.
21. Montaje de estructuras con postes de concreto y/o madera.
22. Montaje de postes Troncocónicos.
23. Vestido de estructuras.
24. Tendido y tensado de cable de guarda.
25. Tendido y tensado de cable conductor.
26. Sistemas de tierras.
27. Vestido de estructuras para cable de guarda con fibra óptica.
28. Tendido y tensado de cable de guarda con fibra óptica (cgfo).
29. Tendido de cable dieléctrico de fibra óptica (cdf).  
(cdf).
30. Transporte de materiales y equipo de instalación permanente.

31. Habilitado de acero estructural.

32. Elaboración de barrenos en fierro estructural.

Se conformarán los precios unitarios de acuerdo a la siguiente tabla, para integrar adecuadamente el presupuesto de la línea de transmisión, se considerarán los casos especiales y eventualidades climatológicas.

Concepto	Medición y forma de pago	Cargos incluidos en el precio unitario.
Caminos de acceso.	Kilómetro-línea con aproximación al metro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) obtención de permisos ante autoridades y particulares</li> <li>b) Localización y trazo.</li> <li>c) Desmote</li> <li>d) Construcción de caminos de acceso dentro y fuera de la trayectoria incluye cortes, rellenos, cunetas, contra cunetas, protecciones, etc. Para uso provisional.</li> <li>e) Mantenimiento y conservación de caminos durante la construcción.</li> <li>f) Apertura y cierre de cercas.</li> <li>g) Reparación de daños causados durante la construcción de caminos.</li> </ul>
Verificación del levantamiento topográfico y localización de estructuras.	Estructura localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Localización y verificación del perfil</li> <li>b) Desmote o brecha topográfica.</li> <li>c) Suministro, colocación y mantenimiento de mojoneras durante la construcción</li> <li>d) Materiales para el estacado y marcado.</li> <li>e) Obtención de perfiles en cruz</li> </ul>
Excavación a cielo abierto.	Metro cúbico con aproximación al centésimo.	<p>A.-EXCAVACIÓN EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO TIPO III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Trazos de líneas, niveles y estacados en cepas.</li> <li>b) Afine, ademes, ataguías, achique, sobre-excavaciones, taludes y desazolves.</li> <li>c) Mano de obra, herramienta, maquinaria y equipo para la ejecución de los trabajos.</li> <li>d) Materiales para cubrir o cercar las excavaciones.</li> </ul> <p>B.-EXCAVACIÓN EN MATERIAL TIPO III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Trazos de líneas, niveles y estacados en cepas.</li> <li>b) Explosivos, materiales afine, ademes, achique, sobre-excavaciones, taludes y desazolves.</li> <li>c) Mano de obra, herramienta, maquinaria y equipo para la ejecución de los trabajos</li> <li>d) Materiales para cubrir o cercar las excavaciones.</li> </ul>



Plantilla de concreto.	Metro cuadrado con aproximación al centímetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) La preparación para colado de la plantilla incluye limpieza, nivelado cimbras.</li> <li>b) Suministro, fabricación, colocación de concreto.</li> <li>c) La remoción de cimbras.</li> <li>d) Retiro de materiales sobrantes hasta el banco de tiro autorizado por la autoridad correspondiente.</li> </ul>
Cimbra en cimentaciones para estructuras.	Metro cuadrado con aproximación al centímetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro, habilitado y colocación de cimbra.</li> <li>b) Suministro y colocación de chaflán de madera.</li> <li>c) Curado con material desencofrante.</li> <li>d) Contra-venteos.</li> <li>e) Elementos de fijación y ajuste.</li> </ul>
Acero de refuerzo para concreto.	Kilogramo con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro de acero de refuerzo y alambre recocido para fijación, incluye manejo, acarreo, desperdicios y maniobras.</li> <li>b) Enderezado, limpieza, corte y doblado de acero.</li> <li>c) Colocación de varillas, colocación con alambre, dobleces, traslapes, silletas, separadores, desperdicios.</li> <li>d) Cepillado de acero para retirar oxidación en su caso.</li> </ul>
Concreto en cimentaciones.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro de cemento, agregados, agua y aditivos. incluye acarreo y maniobras.</li> <li>b) Preparación del colado.</li> <li>c) Acarreado y vaciado del concreto.</li> <li>d) Descimbrado y acabado de superficies expuestas.</li> <li>e) Curado de concreto.</li> <li>f) Achique y ademe en caso de presencia de agua freática.</li> </ul>
Concreto ciclópeo.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro y colocación de piedra.</li> <li>b) Suministro, fabricación y colocación de concreto simple.</li> <li>c) Manejo, carga, transporte, descarga y acarreo de los materiales</li> <li>d) Humidificación del sitio de colado.</li> </ul>

Relleno compactado con material producto de excavación.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Colocación del material de relleno.</li> <li>b) Suministro y colocación de agua.</li> <li>c) Compactado.</li> <li>d) Achique y ademes en el caso de presencia de aguas freáticas.</li> </ul>
Relleno compactado con material producto de banco de préstamo.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Localización de bancos de préstamo de material.</li> <li>b) Pago de obtención de servicios y derechos de explotación.</li> <li>c) Extracción, carga, acarreo y descarga del material al sitio de su colocación.</li> <li>d) Colocación del material de relleno.</li> <li>e) Suministro y aplicación de agua.</li> <li>f) Compactado.</li> <li>g) Achique y ademes en caso de presencia de aguas freáticas.</li> </ul>
Protección de cimentación a base de mampostería.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Trazo y nivelación del terreno.</li> <li>b) Afine en las paredes y fondo de las cepas.</li> <li>c) Suministro y aplicación de agua.</li> <li>d) Suministro, elaboración de mortero, cemento-arena en proporción 1:4.</li> <li>e) Suministro y colocación de piedra.</li> <li>f) Suministro y colocación de drenes.</li> <li>g) Suministro y colocación de filtros.</li> <li>h) Retiro de los materiales sobrantes a los bancos de desperdicio.</li> </ul>
Anclaje para cimentaciones.	Metro con aproximación al centímetro de ancla terminada	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Perforación de la roca.</li> <li>b) Limpieza y saturación de la perforación con agua.</li> <li>c) Suministro, habilitado y colocación total del acero de anclaje, incluyendo ganchos y dobleces.</li> <li>d) Suministro, preparación y colocación de mortero.</li> <li>e) Suministro y colocación de pintura anticorrosiva.</li> </ul>

Suministro e hincado de pilotes.	Metro con aproximación al centímetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Localización en el terreno del centro del hincado.</li> <li>b) Movimiento del equipo al sito de la estructura.</li> <li>c) Suministro e hincado de pilotes.</li> <li>d) Preparaciones en el extremo superior del pilote para anclar traveses de liga.</li> <li>e) Vehículos, maquinaria, equipo, herramienta, materiales y accesorios.</li> <li>f) Trazos de líneas, niveles y estacados.</li> <li>g) Reposición de estribos de acero de refuerzo del pilote originado por la demolición de la parte superior del pilote.</li> <li>h) Suministro y colocación de punta de pilote a base de viga I de 6" de patín espesor ¼" por 0.40 m incluye palca cuadrada de ¼", varillas para anclaje y soldadura.</li> <li>i) De ser necesario unir pilotes se suministra y coloca placa cuadrada de ¾", colocada en los extremos de los pilotes a unir, incluye varillas para anclaje y soldadura.</li> </ul>
Acero de refuerzo en traveses de liga cabezales y dados.	Kilogramo con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro de acero de refuerzo y alambre recocido para fijación, Manejo, acarreo, desperdicios y maniobras.</li> <li>b) Enderezado, limpieza, corte y doblaje de acero.</li> <li>c) Colocación de varillas, fijación con alambre recocido, dobleces, traslapes, silletas, separadores y desperdicios.</li> <li>d) Cepillado de acero de refuerzo para retirar oxidación, en su caso.</li> </ul>
Cimbra en traveses de liga cabezales y dados	Metro cuadrado con aproximación al centímetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro, habilitado y colocación de cimbra.</li> <li>b) Suministro y colocación de chaflán de madera.</li> <li>c) Curado con material desencofrante.</li> <li>d) Contra-venteos.</li> <li>e) Elementos de fijación y ajuste.</li> </ul>

Concreto en traveses de ligas cabezales y dados.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro de cemento agregados, agua y aditivos, incluye acarreo y maniobras.</li> <li>b) Preparación del colado.</li> <li>c) Acarreado y vaciado del concreto.</li> <li>d) Descimbrado y acabado de superficies expuestas.</li> <li>e) Curado de concreto.</li> <li>f) Achique y ademe en caso de presencia de agua freática</li> </ul>
Cimentación a base de pilas para postes troncocónicos.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Trazos de líneas, niveles y estacados.</li> <li>b) Excavación y perforación de barrenos cilíndricos verticales en cualquier material, excepto tipo III.</li> <li>c) Habilitado y colocación de ademes.</li> <li>d) Achique en el caso de presencia de aguas freáticas.</li> <li>e) Sobre excavaciones.</li> <li>f) Suministro y colocación de todos los bentoníticos en su caso.</li> <li>g) Material para cubrir o cercar excavaciones y de señalización.</li> </ul>
Acero de refuerzo para concreto.	Kilogramo con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro de acero de refuerzo y alambre recocado para fijación, Manejo, acarreo, desperdicios y maniobras.</li> <li>b) Enderezado, limpieza, corte y doblado de acero.</li> <li>c) Colocación de varillas, fijación con alambre recocado, dobleces, traslapes, silletas, separadores y desperdicios.</li> <li>d) Cepillado de acero de refuerzo para retirar oxidación, en su caso.</li> <li>e) Acero adicional para maniobra de montaje.</li> <li>f) Colocación de anclas de acuerdo al proyecto.</li> </ul>
Vaciado de concreto.	Metro cúbico con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro de cemento, agregados, agua y aditivos, manejo acarreo y maniobra de estos materiales.</li> <li>b) Preparación del colado.</li> <li>c) Suministro, fabricación y colocación de cimbra en la longitud libre de la pila hasta los niveles indicados en proyecto.</li> <li>d) Empleo de tubo "tremie".</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>e) Acarreo y vaciado del concreto.</li> <li>f) Descimbrado y acabado de superficies expuestas.</li> <li>g) Curado de concreto.</li> <li>h) Achique en el caso de presencia de aguas freáticas.</li> </ul>
Montaje de estructuras de acero.	Kilogramo con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Carga, transporte y descarga de los elementos de acero que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes.</li> <li>b) Recepción y maniobras auxiliares para almacenar los elementos de acero que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes a fin de evitar que sufran deterioros.</li> <li>c) Verificación y registro de los elementos de acero que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes, debidamente identificados.</li> <li>d) Selección, carga, acarreo y descarga de los elementos de acero que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes del almacén al sitio de su instalación.</li> <li>e) Presentación, prearmado y montaje de los elementos de acero que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes, hasta su instalación.</li> <li>f) Nivelación del cuerpo interior (Bottom panel).</li> <li>g) Fijación total de la estructura.</li> <li>h) Devolución del material sobrante al almacén.</li> <li>i) Revisado de la estructura, incluye verificación de tornillería, rondanas, tuercas, palnuts, piezas faltantes, torques y herrajes.</li> </ul>
Montaje de estructuras con postes de concreto y/o madera.	Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Carga, transporte y descarga de los postes que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes.</li> <li>b) Recepción y maniobras auxiliares para almacenar los postes que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes a fin de evitar que sufran deterioros.</li> <li>c) Selección, carga, acarreo y descarga de los postes que integran las estructuras, tornillería y herrajes correspondientes desde el almacén al sitio de su instalación.</li> <li>d) Excavación para postes y retenidas.</li> <li>e) Relleno con material producto de excavación y piedra.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>f) Suministro y colocación de elementos de concreto simple (muertos de concreto).</li> <li>g) Armado de las partes que integran las estructuras, incluye nivelación y fijación de la estructura con su herraje.</li> <li>h) Colocación y tensionado de retenidas.</li> <li>i) Devolución del material sobrante al almacén.</li> <li>j) Revisión de la estructura.</li> </ul>
Montaje de postes Troncocónicos.	Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Selección, carga, acarreo y descarga de las secciones, escalones, crucetas y/o brazos y sus aditamentos de los postes, desde el almacén hasta el sitio de trabajo.</li> <li>b) Maniobras y equipo para acoplamiento.</li> <li>c) Maniobras y equipo para izaje de poste.</li> <li>d) El montaje de todas las secciones del poste, incluye montaje de crucetas y/o brazos, herrajes y escalones.</li> <li>e) Suministro y colocación de mortero estabilizador de volumen (grout) en la base del poste.</li> <li>f) Revisado de estructura.</li> </ul>
Vestido de estructuras.	Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Recepción, carga, transporte y descarga de los materiales del almacén al sitio de su instalación.</li> <li>b) Instalación de herrajes, aisladores y accesorios para cables de guarda y conductor.</li> <li>c) Revisión y limpieza de aisladores, previo a su colocación.</li> <li>d) Suministro y colocación de placas de numeración de estructuras y de aviso de peligro.</li> <li>e) Limpieza del sitio y retiro del material de desperdicio, al banco autorizado.</li> </ul>
Tendido y tensado de cable de guarda.	Hilo – Kilómetro con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Recepción, carga, transporte y descarga de los cables de guarda y empalmes del almacén al sitio de trabajo.</li> <li>b) Maniobras y equipo para tendido, tensado y flechado de los cables.</li> <li>c) Instalación de empalmes.</li> <li>d) Instalación de colas de rata, conectores y grapas.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>e) Suministro y colocación de perchas para cruces de cables con vías de comunicación y líneas eléctricas.</li> <li>f) Devolución del material sobrante al almacén.</li> <li>g) Retiro de carretes vacíos al banco de desperdicios.</li> <li>h) Colocación de retenidas provisionales durante el proceso de tendido.</li> </ul>
Tendido y tensado de cable conductor.	Hilo – Kilómetro con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Recepción, carga, transporte y descarga del cable conductor, empalmes, amortiguadores y separadores del almacén al sitio de trabajo.</li> <li>b) Maniobras y equipo para tendido, tensado y flechado de los cables.</li> <li>c) Instalación de empalmes, enclenado, amortiguadores, puentes y separadores.</li> <li>d) Suministro y colocación de perchas para cruces de cables con cías y medios de comunicación y líneas eléctricas.</li> <li>e) Retiro de los carretes vacíos al banco de desperdicios.</li> <li>f) Colocación de retenidas provisionales durante el proceso de tendido.</li> </ul>
Sistema de tierras.	Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Suministro e instalación de alambre de acero recubierto de cobre, manejo. Almacenaje y acarreos hasta el sitio de la obra.</li> <li>b) Excavación en cualquier tipo de material, relleno y compactación con material producto de la excavación.</li> <li>c) Moldes, cargas y accesorios para soldaduras tipo fundido.</li> <li>d) Suministro e hincado de varilla de acero recubierta de cobre de 5/8" de diámetro por 3 m de longitud.</li> <li>e) Barrenación y sopleteo de barrenos.</li> <li>f) Medición de la resistencia eléctrica de la red y entrega de resultados.</li> <li>g) Suministro y colocación de intensificador químico, para el caso en que la medición de resistibilidad sea mayor de 500 ohms.</li> </ul>
Vestido de estructuras para cable de guarda con fibra óptica.	Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Selección, empaque, embalaje, fleje, encajonado, maniobras y transporte para llevar los materiales y/o equipos del almacén al sitio de trabajo.</li> <li>b) La instalación de los conjuntos de suspensión, guía y fijación, y accesorios en general para el cable de guarda con fibra óptica.</li> <li>c) Devolución de materiales sobrantes al almacén.</li> </ul>

Tendido y tensado de cable de guarda con fibra óptica (cgfo).	Hilo – Kilómetro con aproximación al centésimo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Maniobras, transporte y almacenamiento provisional del cable de guarda con fibra óptica y los herrajes para sujeción desde el almacén al sitio de trabajo.</li> <li>b) Tendido y tensado de CGFO, enclenado, así como la colocación de los conjuntos de tensión y amortiguadores.</li> <li>c) Maniobras requeridas para conectar el cable de guarda con fibras ópticas al sistema de tierras.</li> <li>d) Suministro de recursos para librar obstáculos en la trayectoria de la línea.</li> <li>e) Enrollado, embalado, flejado, encajonado, transporte, seguros necesarios y maniobras para la devolución del cable de guarda con fibra óptica, al almacén.</li> <li>f) Devolución al almacén de materiales sobrantes.</li> </ul>
Tendido de cable dieléctrico de fibra óptica (cdfo).	Metro	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Embalado, flejado, transporte y maniobras para llevar los carretes de cable con fibra óptica desde el almacén al sitio de trabajo,</li> <li>b) Tendido del cable dieléctrico con fibra óptica por tubería en trincheras, ductos subterráneos o charolas, desde la caja de empalmes colocada en la estructura de remate de la línea de transmisión, hasta el equipo terminal óptico colocado dentro de la caseta de control.</li> <li>c) Enrollado, embalado, flejado, encajonado, transporte seguros necesarios y maniobras para la devolución del cable dieléctrico sobrante al almacén.</li> </ul>
Transporte de materiales y equipo de instalación permanente.	Kilogramo con aproximación al centésimo	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Prima de la póliza de seguro.</li> <li>b) Recepción.</li> <li>c) Empaque.</li> <li>d) Carga en el almacén.</li> <li>e) Transporte.</li> <li>f) Descarga en almacenes de obra.</li> </ul>
Habilitado de acero estructural.	Corte	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Carga y acarreo del material del almacén al sitio de trabajo.</li> <li>b) Habilitado de los elementos estructurales, incluye cortes, dobleces y esmerilado.</li> <li>c) Galvanizado de los elementos por inmersión en caliente.</li> <li>d) Suministro y aplicación de pintura anticorrosiva en zonas de corte.</li> </ul>



Elaboración de barrenos en fierro estructural.	Barreno	a) Carga y acarreo del material del almacén al sitio de trabajo. b) Elaboración de barrenos. c) Aplicación de pintura anticorrosiva en zona de barrenación. d) Galvanizado de los elementos por inmersión en caliente.
--	---------	---

## CAPÍTULO VI

### MANTENIMIENTO

#### VI.1.- SEGURIDAD

En la construcción de cualquier obra civil, la seguridad es una acción que debe ser parte fundamental e integral del proyecto a desarrollar. Es de suma importancia el minimizar los riesgos inherentes a una actividad cuya naturaleza es intrínsecamente peligrosa, lo cual se puede lograr mediante la detección oportuna de cualquier contingencia potencial en las áreas de trabajo y su inmediata corrección. El proceder a trabajar en condiciones potencialmente riesgosas sin tomar las medidas precautorias necesarias puede resultar en una lesión seria de los trabajadores e inclusive, en algunas ocasiones, la muerte de los mismos y en el último de los casos, daños a la obra misma con el consecuente retraso en el programa de obra e incremento en los costos por concepto de reparaciones no previstas. Los trabajadores y la obra misma deberán contar con equipos de seguridad suficientes, herramientas y equipo adecuado para realizar las actividades que señale el proyecto.

En la actualidad no existe en México una Norma Oficial que regule la seguridad e higiene en la construcción de líneas de transmisión, por lo que tanto C. F. E. Como L. y F. C. han emitido una serie de recomendaciones a seguir en la implantación de un sistema de seguridad en la industria eléctrica, a través de Manuales de Seguridad para la Construcción de Subestaciones y Líneas de Transmisión, algunas de las cuales se describen a continuación:

- Operaciones elementales.- La señalización en los almacenes es una parte importante en la obra. Se deben colocar y respetar las señalizaciones y no intervenir fuera de los límites definidos por las mismas; al igual que para el resto de las actividades, el personal debe demostrar un mínimo de disciplina para acatar las disposiciones.

Los trabajadores deben manipular materiales y herramientas de forma manual dada la naturaleza de los sitios donde son construidas las líneas de transmisión, dichas trabajos pueden generar lesiones de músculos, de articulaciones y sobre todo, daños a la columna vertebral. Para evitar esos accidentes se aplicaran los principios simples de seguridad física y de economía de movimientos y esfuerzos. Enseguida, se enuncian algunos de esos principios:

- Aproximarse a la carga.
- El centro de gravedad de la persona deberá estar lo mas cercano posible a la carga y se ubicará arriba de la misma.

- El equilibrio de la persona que lleva la carga depende de la posición de sus pies, éstos tienen que distribuir la carga.
  - Encoger los hombros, enderezar la espalda, bajar la cabeza despacio y utilizar la fuerza de las piernas a fin de no mover la columna vertebral.
- Equipo individual del trabajador.- El equipo deberá estar en condiciones adecuadas de utilización y será responsabilidad del trabajador el portarlo en las áreas de trabajo y el buen uso que se le dé al mismo. El equipo constará no limitativamente, de:
    - Botas con protección rígida al frente para evitar aplastamiento de pies, además de prevenir cortadas en las plantas de los pies con varillas o ángulos metálicos filosos.
    - Casco de seguridad, cuya protección interna está destinada a posicionar y mantener el casco sobre la cabeza y absorber impactos.
    - Gafas de seguridad con protecciones laterales para aquellas actividades tales como cortes de estructuras metálicas y tubos, así como las soldaduras en cuyo caso, deberán tener espejos con filtros que eviten daños a los ojos, caretas, mangas, pecheras, etc.
    - Guantes que presenten cualidades de aislamiento eléctrico apropiadas a las tensiones presentes para evitar cortadas, choques estáticos y quemaduras.
    - Cinturones anticaídas equipados con fajas; estos aditamentos siempre deberán estar anclados en puntos de seguridad estratégicos con un enganche especial.
  - Herramientas.- Las herramientas de mano solo deben utilizarse para el fin que fueron hechas y no deben usarse para otro fin distinto al del diseño.
  - Los equipos de oxiacetileno deberán estar en buen estado, sin permitir el uso de mangueras añadidas o maltratadas, manómetros descalibrados o rotos de la carátula ni cilindros sin capuchón de protección. De igual forma, las mangueras deberán estar equipadas con aditamentos antirretorno de flama.
  - Vehículos de trabajo.- La estabilidad de un vehículo o máquina depende en gran parte del peso y de la manera de estibar la carga, las herramientas o el equipo.

En los vehículos de carga se debe sujetar adecuadamente el material con el que se va trabajar y deberán contar con una barrera que separe la cabina del conductor de la cabina del material de transporte. Si se transportan postes o estructuras de grandes longitudes es conveniente que las dimensiones de estas estructuras no rebasen la plataforma del vehículo, si esto llegara a suceder, se verificará que la dimensión excedente a la plataforma no sea mayor a la tercera parte de la dimensión total de la plataforma además de cerciorarse que ninguna estructura pueda ser dañada al arrastrarse o caer al suelo.

- Prevención en las cimentaciones.- El fondo de una excavación para cimentación tiene las dimensiones justas y suficientes para alojar el colado de cemento de la misma. Para proteger al colado y las personas en zonas de riesgo de derrumbe es necesario colocar paredes verticales de madera o de otro tipo a fin de evitar caídas.
- Prevención de riesgos de origen eléctrico.- La electricidad puede crear riesgos cuando una persona se convierte en parte de un circuito eléctrico; en los elementos de un circuito eléctrico no protegido existe una sobrecarga eléctrica, éstos se calientan y pueden alcanzar la temperatura de ignición de los materiales con la posibilidad de producir un incendio; se producen arcos o chispas debido al salto de electricidad de un conductor a otro, cuando se abre o cierra un contacto eléctrico.

Las instalaciones eléctricas provisionales deberán contar con interruptores y tableros de distribución indicando su voltaje, además de contactos toma corriente adecuados.

Se pueden utilizar ciertos 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 2.5 m sobre el piso como mínimo.
- En una cerca de la que solamente tenga acceso personal autorizado.
- Debe existir una barandilla en la que se coloquen señales de advertencia de peligro. Las protecciones serán lo suficientemente fuertes y rígidas a fin de evitar que al golpear contra ellas un trabajador pueda moverlas o lastimarse.

En general, es responsabilidad de las empresas afines el integrar una comisión mixta de seguridad e higiene con el Sindicato correspondiente

## **VI.2.- SUPERVISIÓN TÉCNICA**

En este caso se hace referencia a la supervisión que se lleva a cabo durante el mantenimiento de las Líneas de transmisión, es decir durante la etapa de funcionamiento de la Línea. Para realizarla se debe tomar en cuenta que los miembros que formen parte de la supervisión deben ser profesionales entrenados y preparados para responder a las necesidades que se requieren en la etapa de mantenimiento de las Líneas de Transmisión.

Durante este proceso, el papel que desempeñará la supervisión será uno de los más importantes para que el objetivo al cual fue destinada la Línea de Transmisión se cumpla cabalmente. De ésta depende la evaluación del estado en que se encuentre dicha línea.

De ahí que supervisión se defina como la acción de análisis de todos y cada uno de los componentes que intervienen en un proceso, cuya evaluación vertida en un informe, es el resultado de la supervisión.

La supervisión es una secuencia de acciones encaminadas a evaluar hasta que punto se está cumpliendo con lo especificado y además, se cumple con otras funciones como son el prevenir y corregir fallas, así como el dirigir y solucionar situaciones que impidan el buen funcionamiento productivo.

Dentro de su campo de acción el supervisor es la persona clave que tiene bajo su responsabilidad, la óptima realización de los trabajos, por lo tanto el supervisor hará lo necesario para prever, dirigir y corregir llevando a cabo los trabajos tal y como fueron previstos. En lo anterior se debe tomar en cuenta que el proyecto desarrollado pudo tener errores u omisiones, por lo tanto es su responsabilidad detectarlos para llevar a cabo las acciones tendientes a optimizar el objetivo para el cual fue construida la Línea de Transmisión.

La gran importancia y responsabilidad que encierra esta actividad se pone en riesgo, cuando es realizada de forma improvisada o no planeada, por lo que se considera de vital importancia una concientización de lo que significa la supervisión.

Así mismo otro de los objetivos para los cuales se requiere de una supervisión eficiente es el de prever o corregir, según sea el caso, optimizando de la mejor manera posible, los recursos destinados para ese fin. Ya que de ello depende, en gran parte, la realización o no de más proyectos similares haciéndolos más eficientes, en su caso.

Por lo tanto el supervisor debe estar en constante actualización en lo referente a los trabajos relacionados con las Líneas de Transmisión.

El objetivo que pretende la supervisión técnica en el mantenimiento de Líneas de Transmisión es el de conservar el correcto funcionamiento de dicha línea y así proporcionar el servicio en beneficio de la población, que finalmente es para quien fue proyectada y construida la Línea.

Considerando que los servidores públicos tienen el manejo del presupuesto con el que se genera, en un mayor porcentaje y a nivel nacional, el trabajo en el rubro de la construcción, los titulares de obra, mantenimiento y supervisión en las dependencias y entidades, se fijan como objetivo mantener en óptimas condiciones de conservación y funcionamiento los bienes, mediante la instrumentación de programas de conservación, mantenimiento, adaptación y construcción de nuevas instalaciones para lo cual se designan plantillas de profesionistas afines a la construcción, quienes se encargarán de vigilar el correcto cumplimiento de este objetivo, realizando los trabajos de supervisión.

Para la realización de este trabajo, el supervisor debe contar con los elementos necesarios y suficientes para cumplir con el objetivo fijado, que es el de mantener en buen funcionamiento las Líneas de Transmisión.

En este proceso de mantenimiento de las Líneas de Transmisión, la supervisión adquiere una gran importancia ya que de ésta depende el programa que se desarrollará para que se logre, en buena medida, que las Líneas de Transmisión cumplan en beneficio de la población y para el desarrollo del país.

Se debe considerar que las Líneas de Transmisión se pueden dañar por las siguientes razones:

- Descargas atmosféricas directas.
- Flameos, daños debido a pájaros, quema de cultivos, aviones y crecimiento de la vegetación.
- Contaminación atmosférica, hielo, nieve y niebla.

El supervisor debe de contar con todas las herramientas para poder realizar su labor, en este caso contar con papelería y equipo necesarios para hacer llegar sus observaciones a la Dependencia y que se tomen las medidas necesarias. Para esto, también debe de utilizarse una bitácora, en la cual se anotarán los problemas detectados, así como la contestación a dudas generadas durante la inspección del estado en que se encuentra funcionando la Línea. Asimismo debe de consultarse con los especialistas de las áreas que participan en la operación de dicha Línea, para que en base a sus sugerencias se determine la solución a los problemas detectados; todo esto debe de realizarse en el menor tiempo posible debido a que la Línea no debe de dejar de funcionar, por los problemas que generaría estar fuera de operación.

Por lo mismo, la operación de las Líneas debe de realizarse con personal expresamente capacitado para esas labores; personal con la experiencia que los trabajos requieren, y no personal improvisado.

Cabe mencionar que el 70% de las fallas son a tierra y de línea a línea.

Por lo anterior es de vital importancia el contar con las especificaciones correspondientes tanto para el cableado como para las estructuras.

### **VI.3.- EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL**

El mantenimiento de la infraestructura física es una tarea ardua y compleja, que exige una vigilancia extrema para distinguir los problemas iniciales y actuar en consecuencia, antes de que sus proporciones sean mayores. La prevención debe ser el eje de todas las acciones de conservación, la cual ha de ponerse en marcha desde

el diseño mismo de las instalaciones y continuar periódicamente, para evitar que el deterioro destruya la infraestructura.

Los errores en la concepción de los proyectos, la falta de especificaciones para su operación y la escasa vigilancia en la conservación son las causas principales de que las instalaciones de servicio se encuentren en mal estado. La planeación de los sistemas ha sido inadecuada, no se ha tenido el control suficiente en la operación, ni se han efectuado las modificaciones necesarias para garantizar un funcionamiento eficiente.

Las tareas de conservación son parte importante de la calidad de una obra y deben considerarse desde las etapas de planeación y diseño, sobre todo porque los descuidos en esta labor llegan a ocasionar serios problemas a las construcciones. El Departamento de Mantenimiento es responsable de conservar las instalaciones en buenas condiciones de operación, de tal manera que se presente un mínimo de interferencia con los servicios ofrecidos y se asegure que las situaciones de emergencia sean mínimas.

Con el fin de conocer el estado que guardan las líneas de transmisión en operación, se contempla dentro de los programas anuales de mantenimiento, inspecciones mayores, menores y patrullajes.

- Inspección Mayor.- Es la revisión completa y detallada de todos los elementos que integran la línea de transmisión y en condiciones ideales, debe realizarse cada dos años.
- Inspección Menor.- Es la revisión detallada de algunos elementos integrantes de las líneas de transmisión en tres períodos distintos al año: antes de la época de lluvias, durante la época de lluvias y finalmente después del período de lluvias.
- Patrullaje.- Es la revisión rápida aérea o terrestre que se practica en líneas de transmisión, programada o por falla, para detectar problemas que afecten o puedan afectar la continuidad del servicio.

De las observaciones durante las inspecciones, se obtienen las actividades de mantenimiento que se clasifican en:

- Preventivas
- Correctivas
- Predictivas

Valuar y hacer recomendaciones para que las instalaciones sean fácil y económicamente mantenibles es el principal objetivo de la evaluación de proyectos. Al proponer implantar cambios en un proyecto para mejorar las operaciones de

servicio, el tiempo y el dinero invertidos en ello se traducen en forma multiplicada en ahorros en los costos de mantenimiento a lo largo de toda la vida de las líneas.

Conservar en buenas condiciones las líneas es una responsabilidad compartida, a lo ingenieros corresponde impedir el deterioro natural que causan el tiempo y los agentes naturales, y a los ciudadanos hacer buen uso de las instalaciones.

A fin de evaluar el estado actual de las líneas de transmisión se debe apoyar en los diferentes avances tecnológicos tal es el caso de gráficos, informes técnicos de personal de campo y administrativo, uso de cámaras fotográficas y digitales, videograbadoras, grabadoras de audio, digitalización de imágenes, con el fin de describir, enviar y promover el avance de los mantenimientos correctivo y preventivos.

Actualmente se utilizan video grabaciones para evaluar físicamente el estado de las líneas, el uso de este equipo se reduce a recorrer la línea a todo lo largo y como resultado de esta etapa se entregan los videos a las diferentes subdirecciones o áreas que correspondan, ya que cada una de ellas deberá efectuar o asignar los recursos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de las líneas.

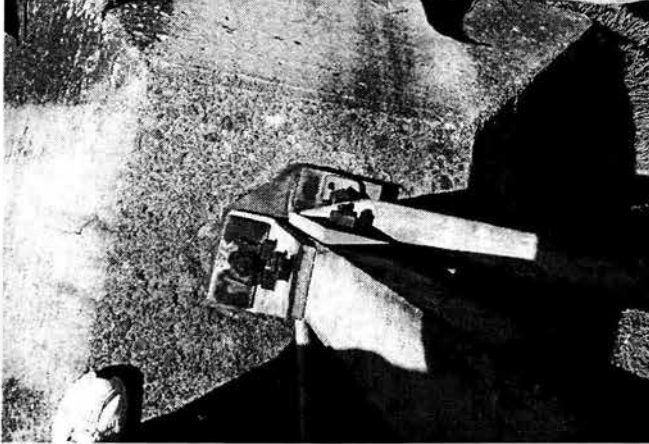
Con el uso de cámaras digitales o digitalización de imágenes y vía correo electrónico se pueden enviar en breve las observaciones del estado físico que guardan las líneas, a todas y cada una de las áreas que correspondan para asignar los recursos necesarios a fin de garantizar un óptimo funcionamiento de la línea.

La descripción física de los elementos que integran la revisión de una línea de transmisión son:

- Corrosión en los elementos estructurales.
- Galvanizado de los elementos que integran la estructura.
- Correcto funcionamiento del sistema de tierras (que cumpla con la resistividad especificada).
- Daños a las cadenas de aisladores.
- Verificar que el hilo de guarda no este dañado.
- Verificar que el hilo conductor no este dañado.
- Empalmes en condiciones de operación.
- En zonas inundables verificar erosión en la cimentación.
- Condiciones de caminos de acceso y de la brecha forestal.
- Protección catódica para los elementos estructurales en zonas húmedas.
- Verificación de torque en los elementos estructurales de las torres.
- Tensionado del cable conductor en la línea.
- Tensionado del hilo de guarda en la línea.
- Herrajes en general.
- Verificación constante por invasión de los derechos de vía.
- Corroborar el ataque o vandalismos en la línea.



Todos estos aspectos mencionados anteriormente, al ser canalizados a las diferentes áreas a fin de darles solución oportuna e inmediata, con el tiempo y la experiencia se ha observado que se hace caso omiso por factores evidentemente negligentes, económicos, ausencia de mano de obra y la disponibilidad de materiales y equipo adecuado, aunado a la falta de colaboración de las diferentes autoridades y dependencias gubernamentales.



Deterioro de elementos de torre por corrosión

Cuando estas evaluaciones se hacen oportunamente se puede llevar a cabo correctamente, un programa de mantenimiento que nos arroje resultados satisfactorios, una característica muy importante que nos impide evaluar el estado de la línea es el aspecto climatológico ya que en temporada de lluvias es más difícil el tránsito por los caminos de acceso. Esto lo se alcanza mediante un programa de inspección menor, que se realiza antes, durante y posterior al periodo de lluvias.

Un aspecto de suma importancia es la asignación de recursos económicos. Entre muchos otros factores, dado que año con año la inflación, devaluación, dependencia de tecnologías, impide la optimización en los mantenimientos preventivo y correctivo de las líneas.

En un programa de mantenimiento basado en la condición en la que se asignen, de forma singularizada para cada elemento, una frecuencia y un plan de acción, en función del diagnostico efectuado y de la criticidad de dicho elemento en la red.

El diseño, como una alternativa más el programa citado de una política de renovación y sustitución de equipos.

El análisis de fallas e incidentes, así como la auditoria, desde el punto de vista del mantenimiento de las instalaciones a fin de definir criterios de mejora de las mismas,

tanto durante su vida en servicio, como durante la fase de gestión. El mantenimiento no debe ser una actividad circunscrita exclusivamente a su ámbito, sino que debe estar en continua relación con las actividades de fabricación, ingeniería y montaje.

La formación continua del personal de mantenimiento, de manera tal que su experiencia profesional se vincule con la capacidad de aprovechar al máximo las herramientas y medios que el avance tecnológico ofrece hoy en día.

#### **VI.4.- IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Las actividades de mantenimiento relacionadas con los derechos de vía y la trayectoria de líneas de transmisión, se requiere que después de que la línea de transmisión se ha terminado de construir y que con el tiempo haya sufrido deterioros debido a la falta de supervisión técnica de las instalaciones, conductores y demás equipos que integran la línea, en caso de daños causados por la naturaleza e imprevistos por vandalismo.

Para poder realizar la planeación del mantenimiento depende de las condiciones del terreno, la disponibilidad del camino, la magnitud de las necesidades de reforestación o de poda de aquellos árboles que ya alcancen los cables.

Es necesario que el mantenimiento dentro de la trayectoria, se lleve a cabo en óptimas condiciones a lo largo de sus dimensiones, dependerá de las condiciones en que se encuentren las torres y el cable para poder elegir el tipo de equipo o maquinaria de construcción a utilizar. Según la experiencia en este sentido, los caminos de acceso se tendrán que tener en condiciones adecuadas para poder dar cualquier tipo de mantenimiento se realizará una supervisión técnica en donde se tomará en cuenta lo siguiente:

- Revisión y control de brechas y caminos.
- Supervisar la posible contaminación a estructuras, aisladores, conductores y equipo electromecánico.
- Controlar o evitar las invasiones a los derechos de vía.
- Medición a los campos eléctricos y magnéticos.
- Conservar la vegetación deseable para no romper los ecosistemas existentes en zonas construidas.

- Permitir el paso de gran equipo y materiales para dar mantenimiento o la sustitución de cualquier elemento estructural, herrajes, conductores e hilos de guarda.

Al término de la construcción de las líneas de transmisión, entrando en operación es necesaria la implantación de un programa de mantenimiento, así conservarla y garantizar su buen funcionamiento.

El crecimiento de las líneas de transmisión ha seguido una ruta paralela al desarrollo tecnológico e industrial de nuestro país, reflejándose éste en el crecimiento o incremento de líneas de transmisión, observando que para tensiones de transmisión menores de 230 kV, de 230 kV, y de 400 kV. Las líneas de transmisión en toda la República Mexicana son de suma importancia en el sistema eléctrico nacional y su operación confiable depende de una buena inspección y mantenimiento, para lo cual se debe de contar con cuadrillas especializadas para atender en forma inmediata, correcta y así evitar problemas a futuro.

## **Mantenimiento**

De acuerdo a los resultados obtenidos por la supervisión técnica y con el fin de conocer el estado en que se encuentran cada una de las líneas de transmisión en operación, se tendrá el cuidado de realizar los programas anuales de mantenimiento por cada línea, se incrementara el numero de recorridos adecuados para determinar los detalles mayores y menores.

Estas supervisiones se tomarán en cuenta como inspección de mayor importancia.- se puede decir que es aquella que se realiza a través de una revisión completa de todos los elementos más importantes que forman parte de la línea de transmisión y se realizarán cada que se requiera después de ciertos números de inspecciones o supervisiones.

La supervisión o inspección menor.- Es la revisión menor detallada de algunos elementos integrantes de las líneas de transmisión y que se programaran durante el año.

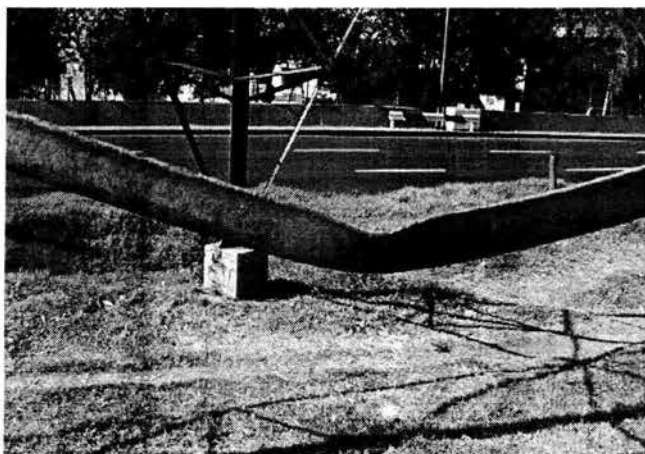
En las programaciones es muy importante la del tiempo de lluvias, la inspección antes del periodo de lluvias tiene como finalidad realizar el aislamiento del cable dañado y restablecerlo a sus condiciones óptimas de nivel de aislamiento para cada línea transmisión, según el voltaje de operación, se verificará el estado de brecha, el estado de herrajes y conductores etc.

En la revisión rápida que se realizará de manera aérea o terrestre y que se practica a líneas de transmisión programada o por falla, para detectar problemas que afecten o puedan afectar la continuidad del servicio.

De los resultados obtenidos en las inspecciones antes citadas, se desprenden las actividades de mantenimiento a los elementos que forman parte de las líneas de transmisión y que contribuyen a su confiabilidad, para la cual se aplican los siguientes tipos de mantenimiento.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO.-** Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo evitar las interrupciones de las líneas de transmisión, mejorar la calidad y continuidad en su operación, y es una consecuencia de las inspecciones programadas.

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO.-** El mantenimiento correctivo se realiza en condiciones de emergencia y abarca aquellas actividades que se omiten o quedan fuera del control de mantenimiento preventivo; de ahí la premura por conseguir a la brevedad los recursos para su atención buscando así tener los para lograr el menor tiempo de interrupción de las líneas. Este tipo de mantenimiento no es deseable para nuestra actividad en función del servicio en cuanto a la calidad y continuidad.



Deterioro de elementos de torres por vandalismo

**MANTENIMIENTO PREDICTIVO.-** Este tipo de mantenimiento tiene como finalidad de combinar las ventajas de los dos tipos de mantenimiento anteriores, para lograr el mismo tiempo de operación y eliminar el trabajo innecesario. Lo cual exige mejores técnicas de inspección y medición para determinar las condiciones de líneas de transmisión, con un control, mas riguroso que permita la planeación correcta y efectuar las inspecciones y pruebas verdaderamente necesarias y así obtener el buen funcionamiento de la línea y la mejor calidad de servicio por la cual fue construida.

Para poder realizar estos tres tipos de mantenimiento se requiere de un listado de actividades y conceptos bien definidos para establecer la prioridad de atención a las

actividades que se llevarán a cabo a lo largo de la línea para su conservación y buen funcionamiento.

- **Rehabilitación de Caminos de Acceso:** Arreglar los caminos de acceso hacia la línea, para facilitar el desarrollo de los trabajos en forma eficiente, en caso de ser necesario transportar elementos de estructuras con helicópteros se tendrán que localizar zonas para utilizarlas como helipuertos.
- **Limpieza de brecha:** Es muy importante mantener siempre limpia la brecha bajo las líneas de transmisión, con el fin de evitar al máximo las salidas de línea por problemas de brecha alta que haga contacto con conductores.
- **Reparación de cimentación de estructuras.** Suministro y colocación e instalación de dados de concreto en patas estructuras. (precoladas).
- **Aplicación de pintura anti-corrosiva,** generalmente en terreno pantanoso o agresivo por problemas de corrosión, en algunos casos se requiere de la construcción de muros de protección.
- **Retiro de aislamiento dañado:** Se tendrá que reponer el aislamiento dañado y restablecer a sus condiciones óptimas el nivel de aislamiento,
- **Retiro de amortiguadores dañados y suministro y colocación de amortiguadores.**
- **Cambio de herrajes de conductor y Cables de Guarda:** Consiste en reponer herrajes dañados por problemas de corrosión ó fatiga.
- **Estructura general:** Consiste en reponer los elementos estructurales faltantes o dañados, así como la tornillería afectados por problemas de corrosión (en algunos casos aplicar pintura anti-corrosiva a estructuras en zonas de contaminación salina).
- **Reparación de conductor (menor),** con tubo de reparación ó preformando.
- **Realizar empalme a compresión en alma de acero y cable de aluminio** con prensa hidráulica.
- **Reparación mayor de conductor eléctrico.** (Conductor roto por falla).
- **Instalación y reposición de separadores dañados en líneas de transmisión** con dos conductores por fase.

- Reposición de cables de guarda en líneas. esta actividad consiste en reponer los cables dañados y sus herrajes correspondientes, afectados por problemas de corrosión.
- Remover silicón saturado y aplicar nuevo, en cualquiera de los aisladores.
- Lavado de aislamiento. Se realiza aplicando presión de agua químicamente para remover residuos de contaminación salina e industrial.
- Medición y corrección de los sistemas de tierras. Se tendrá que realizar una medición y obtener el valor de puesta a tierra de las estructuras en caso necesario corregirlo a valores adecuados.
- Instalación de protección catódica. En algunos casos se realiza estudio de resistividad del terreno y según estos resultados se instala la protección catódica.
- Verificar los puntos de conexión en estructuras de tensión, (Puntos calientes)
- Se verificarán todos y cada uno de los señalamientos dañados por corrosión o por vandalismo.

Es necesario que las personas que realicen estas actividades tengan experiencia en el ramo ya que un descuido podría ocasionar accidentes de fatales consecuencia por lo que tendrá que existir un equipo o comisión de seguridad.

También es necesario que los técnicos conozcan de las normas de construcción, eléctricas y maniobras por la posibilidad de que algunos de estos trabajos se tengan que realizar con línea energizada o en su caso, tramitar ante la dependencia las libranzas necesarias.

A continuación se presenta un programa de mantenimiento.



## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES

La generación de Energía Eléctrica, implica toda una Industria multidisciplinaria, en la cual intervienen: Ingenieros civiles, mecánicos, eléctricos, topógrafos, urbanistas, ecologistas, abogados, etc. entre otros.

El presente nos muestra un análisis de los procedimientos a seguir a fin de realizar una adecuada planeación y diseño de las líneas de transmisión, antes, durante y posterior a la construcción, con la certeza de que para poder comprender el estado actual es necesario conocer la historia y evolución de la generación y distribución de la energía eléctrica en nuestro país.

En el capítulo de introducción podemos apreciar de manera más detallada la evolución del sector eléctrico, desde sus inicios. Posteriormente abordamos aspectos totalmente técnicos, previos a la construcción del proyecto que nos permiten planear con certeza y analizar su viabilidad, dado que antes era suficiente estudiar y optimizar tiempo y costo, hoy en día se requieren estudios topográficos, hidráulicos, sociales, de mecánica de suelos y sobre todo hacer énfasis en las políticas ambientales y/o de impacto ambiental, ya sea nacionales como internacionales.

Una vez que los aspectos técnicos preliminares han sido resueltos o aprobados, se pueden solicitar los Permisos y Autorizaciones a las Autoridades de los diferentes organismos Federales, Estatales y Municipales, así como de otros más, que sean afectados por el desarrollo del proyecto.

Con los Estudios Básicos y la obtención de Permisos y Autorizaciones, basados en Leyes, Normas Oficiales y Reglamentos podemos abordar la Ingeniería Básica y proyectar la Trayectoria aplicando las técnicas de desarrollo de Ingeniería para su aplicación en el Proyecto de Líneas de Transmisión.

En los Procedimientos de Construcción se analizaron el Tipo de Cimentaciones considerando los resultados de los estudios de Mecánica de Suelos, para posteriormente definir el Procedimiento Constructivo más conveniente, en función de la disposición Económica, Técnica y Topográfica.

Con un análisis adecuado al Programa de obra y un Control técnico de todos y cada uno de los conceptos que intervienen en el desarrollo de la construcción del Proyecto, obtendremos resultados favorables a las actividades desarrolladas en la creación de nuevas líneas de transmisión. Con el apoyo de una Supervisión Preventiva adecuada, quien verifica la calidad de los trabajos, así como el cumplimiento de las Normas y Especificaciones implicadas para garantizar la calidad, control, tiempo y costo del Proyecto.



El sistema de tierras para estos proyectos es primordial ya que garantiza la seguridad de los elementos que componen la Línea de Transmisión ante sobrecargas y fenómenos meteorológicos.

Uno de los aspectos que tienen vital importancia en lo que se refiere a la planeación y construcción, es el relativo a los costos, en este rubro el realizar una correcta evaluación técnica nos dará la pauta para llevar a cabo una evaluación económica que tenga un panorama más amplio y así optimizar los recursos destinados para la construcción de líneas de transmisión; y por lo tanto una presupuestación acorde a las necesidades de distribución de energía.

Como es de nuestro conocimiento, para que una obra de cualquier tipo cumpla con el objetivo para el cual fue construida, y una vez puesta en funcionamiento, debe de estar siendo inspeccionada periódicamente, revisando que cumpla con los requerimientos de seguridad que por Norma se estipulan, así como contar con el personal técnico capacitado y el equipo suficiente en las condiciones óptimas de funcionamiento para llevar a cabo una evaluación de estado en que se encuentran operando la líneas de transmisión. En función de lo anterior, es de suma importancia una correcta implementación de un programa de mantenimiento que sea eficaz y en el cual se tomen en cuenta todos los aspectos considerados en los recorridos realizados para detectar las deficiencias o desperfectos que presentan las líneas de transmisión existentes. Todo esto es con el fin de no frenar la productividad que el país requiere para alcanzar un buen desarrollo económico.

Al hacer un análisis Técnico-Económico de los proyectos de líneas de transmisión, observamos la necesidad de reformar la industria eléctrica a fin de dar paso a nuevas tecnologías, que garanticen un servicio eficiente y competitivo, ya que de no darse éste, los problemas evidentes a que nos someteremos los usuarios son:

- Ausencia de un servicio de calidad
- Fraudes en el sector eléctrico
- Obsolescencia de equipo
- Limitación tecnológica
- Escasez de recursos
- Falta de mantenimiento

Entre otros aspectos.

El proceso de transmisión se caracteriza por aplicar en forma constante sistemas indicadores con la finalidad de mejorar sus resultados en el compromiso de sus objetivos, esto ha ocasionado que se mejoren substancialmente sus indicadores.

El proceso tendrá que seguir en el esfuerzo de continuo desarrollo, mediante la modernización de las instalaciones, la capacitación continua y de reestructuración, de ser necesario.

Las funciones principales para lograr mejorar las líneas de transmisión son:

- Control y supervisión del mantenimiento
- Modernización de instalaciones y equipo
- Puesta en servicio de líneas de transmisión
- Atención a emergencias

Dentro de éstas se tienen problemas puntuales como son la regularización de derechos de vía, salidas de líneas de transmisión por contaminación, y quema de vegetación.

Otro de los aspectos por solucionar de manera inmediata es la regularización del derecho de vía, para lo cual se deben de tomar medidas drásticas y así evitar que la población invada la trayectoria por donde pasa la Línea.

Se debe de implementar un programa de mantenimiento, el cual debe ser minuciosamente definido ya que de no ser lo suficientemente funcional, las Líneas tendrán problemas para cumplir con el objetivo de servir a la población y contribuir al desarrollo del país.

La Supervisión de las puestas en servicio de líneas de transmisión se ha vuelto una actividad fundamental para el proceso de transmisión pues con ello se prevén la organización del personal y equipo necesarios para su mantenimiento futuro.

La capacitación del personal técnico operativo para realizar mantenimiento en las líneas de transmisión, es necesaria, dada la creación de tecnologías en nuevos diseños de estas. Con la certeza de que en la actualidad el mantenimiento a las líneas de transmisión es mínimo.

De aquí que, la capacidad de respuesta del personal será determinante en la solución de problemas técnicos.

## Glosario

**Empalme:** Unión destinada a asegurar la continuidad eléctrica entre dos o más tramos de conductores, que se comporta eléctrica y mecánicamente como los conductores que une.

**Electrodo:** Cuerpo metálico conductor o conjunto de cuerpos conductores agrupados, en contacto último con el suelo y destinados a establecer una conexión con el mismo.

**Estructura:** Unidad principal de soporte, generalmente un poste o una torre.

**Estructura de Transición:** Aquellos tramos de cable que estando conectados o formando parte de un sistema de líneas subterráneas que quedan arriba del nivel del suelo y están provistos de terminales generalmente interconectadas a líneas aéreas y que se soportan con postes o estructuras.

**Flecha:** Distancia medida verticalmente desde el conductor hasta una línea recta imaginaria que une sus dos puntos de soporte. A menos que otra cosa se indique la flecha siempre se medirá en el punto medio del claro.

**Guarda:** Elemento protector contra contacto a un conductor eléctrico

**Línea Aérea:** Aquella que está constituida por conductores desnudos, forrados o aislados, tendidos en el exterior de edificios o en espacios abiertos y que están soportados por postes u otro tipo de estructuras con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

**Línea de suministro eléctrico:** Aquella que se usa para la transmisión, distribución y utilización en general de la energía eléctrica.

**Longitud del claro:** Distancia horizontal entre dos soportes consecutivos de una línea aérea.

**Terminal de cable:** Dispositivo que distribuye los esfuerzos dieléctricos del aislamiento en el extremo de un cable.

## BIBLIOGRAFIA

- De La Garza Toledo Enrique, et. Al.  
Historia de la Industria Eléctrica en México, Tomo I  
Editorial Siglo XXI  
México, 1996
- UAM Unidad Iztapalapa  
División de Ciencias Sociales y Humanidades  
Historia de la Industria Eléctrica en México  
México, 1994 – 1999
- Charles L. Best; Krick E.V.  
Introducción a la Ingeniería y al Diseño en Ingeniería  
Editorial LIMUSA  
México, 1986
- Juárez Badillo Eulalio; Rico Rodríguez Alfonso.  
Mecánica de Suelos I  
Fundamentos de la Mecánica de Suelos  
Editorial LIMUSA  
3ª. Edición, México, 1986
- R.F. Craig.  
Mecánica de Suelos  
Logos Consorcio Editorial S.A.  
1ª. Edición, México, 1976
- López Valdez G.; Hernández Basilio O.; Del Valle Ruiz E.  
Estudios Preliminares para la Optimación de Torres de Transmisión  
Reporte del IIE a CFE  
Junio 1979
- Ley y Reglamento de la Ley y el Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental.  
1988
- Instituto de Investigaciones Eléctricas  
Manual de Diseño de Obras Civiles.  
1ª. Edición, 1983
- Comisión Federal de Electricidad  
Especificación CFEL0000-10.  
Derechos de Vía  
México

- Sánchez Medal Ramón  
De los Contratos Civiles  
Editorial Porrúa S.A.  
México 1991
- Norma Oficial Mexicana  
NOM-001-SEMP-1994  
Relativa a las Instalaciones Destinadas al Suministro y Uso de la  
Energía Eléctrica  
Edición 1996
- Jacinto Viqueira Landa  
Redes Eléctricas (1ª. Parte)  
3ª. Edición 1986
- Ponce Francisco  
Supervisión y Dirección de Obras  
Centro de Actualización Profesional, CICM  
1990
- Feigenbaum A.V.  
Control Total de la Calidad  
Ingeniería y Administración  
C.E.C.S.A.  
México, D.F. 1978
- Instituto Mexicano de Control de Calidad  
I Seminario Latinoamericano y Nacional de Control de Calidad en la  
Industria de la Construcción  
México, D.F.  
Julio 1978
- Secretaría General de Obras  
Normas de Supervisión de Obras  
México, 1986
- Gilberto Enríquez Harper  
Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica  
Editorial LIMUSA  
4ª. Reimpresión, 1990
- Cossbu  
Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión  
2ª. Edición  
Editorial LIMUSA