

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

**LÍNEA DE TRANSMISIÓN SURESTE PENINSULAR
TRAMO PUNTA NIZUC-PLAYA DEL CARMEN
CANCÚN, QUINTANA ROO**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL
PRESENTAN**

**LETICIA JIMÉNEZ JUÁREZ
Y
GUADALUPE ESPARZA GONZÁLEZ**

286369

MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DEL 2000'



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/065/00

Señores
CARLOS BELLO ADAME
ALEJANDRO CORTES LOPEZ
MA. GUADALUPE ESPARZA GONZALEZ
LETICIA JIMENEZ JUAREZ
Presente

V. B.
Oscar Vega Roldán

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 desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"LINEA DE TRANSMISION SURESTE PENINSULAR TRAMO PUNTA NIZUC-PLAYA DEL CARMEN CANCUN, QUINTANA ROO"

- INTRODUCCION
- I. PROSPECTIVA DE LA ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO
- II. TRAZO PRELIMINAR Y DETERMINACION DE LA UBICACION DE LAS SUBESTACIONES Y TORRES
- III. DETERMINACION DE LOS TIPOS DE CONCRETO PARA LA EDIFICACION DE LAS SUBESTACIONES
- IV. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS BASES PARA LAS TORRES
- V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS PLATAFORMAS PARA LAS SUBESTACIONES
- VI. BREVE DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS
- VII. CONCLUSIONES

Ruego a usted 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 le 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 429 de junio de 2000.
EL DIRECTOR

Aprobada para su trámite.

Ing. Rafael Aburto.

~~M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO~~
GFB/GMP/INSTR

V. B.
J. Rebuta G.

Fernando L. Echeagaray M.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/065/00

Señores
CARLOS BELLO ADAME
ALEJANDRO CORTES LOPEZ
MA. GUADALUPE ESPARZA GONZALEZ
LETICIA JIMENEZ JUAREZ
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 desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"LINEA DE TRANSMISION SURESTE PENINSULAR TRAMO PUNTA NIZUC-PLAYA DEL CARMEN CANCUN, QUINTANA ROO"

- I. INTRODUCCION
- II. PROSPECTIVA DE LA ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO
- III. TRAZO PRELIMINAR Y DETERMINACION DE LA UBICACION DE LAS SUBESTACIONES Y TORRES
- IV. DETERMINACION DE LOS TIPOS DE CONCRETO PARA LA EDIFICACION DE LAS SUBESTACIONES
- V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS BASES PARA LAS TORRES
- VI. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS PLATAFORMAS PARA LAS SUBESTACIONES
- VII. BREVE DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS
- VIII. CONCLUSIONES

Ruego a usted 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 le 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. Universidad 22 de junio de 2006
EL DIRECTOR

Aprobada para su trámite.

~~ING. GUERRARDO FERRANDO BRAYO~~
GFS/GMP/MS/

Ing. Rafael Aburto

Fernando L. Echeverri

26/06
26/06
26/06

26/06
J. B. Buita

AGRADECIMIENTOS

La presente tesis la dedicamos con sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería, a todos y cada uno de nuestros profesores que con esmero y entusiasmo nos brindaron y compartieron con nosotros sus conocimientos y experiencias.

Gracias al programa de apoyo a la titulación que ofrece la División de Educación Continua en el Palacio de Minería.

A los ingenieros Rafael Aburto Valdéz y Tomás García García, por su apoyo en la dirección de este trabajo.

De igual forma, a los ingenieros de la Comisión Federal de Electricidad por sus sugerencias, comentarios, explicaciones y por el tiempo que amablemente dedicaron a la elaboración de esta tesis, en especial al ingeniero José Hernández.

Gracias, a todos nuestros amigos y familiares por su apoyo, amistad, cariño y sobre todo paciencia.

INTRODUCCIÓN.

El sistema eléctrico nacional cubre casi la totalidad del país, constituido por una red de transmisión con 74 mil kilómetros de líneas de alta tensión en 400, 230 y 115kv y los sistemas de distribución con líneas de media y baja tensión en una longitud de 592 mil kilómetros.

El incremento en la actividad económica del país y el mayor número de usuarios de los sectores residencial, comercial y de servicios, industrial y agrícola han provocado un crecimiento de la demanda de energía eléctrica mayor al pronosticado por lo que la construcción de nuevas plantas generadoras, líneas de transmisión y distribución es urgente.

La Comisión Federal de Electricidad misma que se divide en dos áreas, de operación y construcción, es la encargada de planear y desarrollar nuevos proyectos indicando la ubicación de los mismos basándose en las necesidades de transmisión de energía a los centros de consumo en el corto, mediano y largo plazo.

Al seleccionar la trayectoria, se consideran además de factores geológicos, constructivos, de ingeniería civil y electromecánicos, el menor costo, el mínimo impacto ambiental así como nuevas obras de infraestructura y asentamientos urbanos e industriales. En el caso de estos últimos, se debe contemplar la indemnización que pudiese existir por la afectación a terrenos de cultivo y viviendas, mismo que se determina mediante avalúo realizado por la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales.

Por lo general, las plantas generadoras están alejadas de los centros de consumo y conectadas a éstos a través de una red de alta tensión. La tensión se eleva a la salida de los generadores para realizar la transmisión de energía eléctrica en forma económica y se reduce en la proximidad de los centros de consumo para alimentar al sistema de distribución a una tensión adecuada.

Además de transmitir la energía eléctrica en forma económica a los centros de consumo, las líneas de transmisión deben garantizar el abasto de energía, para ello, es indispensable que en la construcción de éstas, se consideren el diseño eléctrico, mecánico y estructural. El primero permite elegir y dimensionar los elementos con que contará la línea; tipo de aisladores, arreglo de la cadena, número de aisladores y distancias mínimas de seguridad. El segundo permite conocer el comportamiento mecánico considerando la aplicación de cargas por viento, peso de los elementos, deflexiones y tensiones de trabajo. Finalmente, el diseño estructural permite seleccionar el tipo de torres de suspensión, deflexión y remate a emplear en la línea y definir el diseño de las cimentaciones correspondientes.

Debido pues a la importancia de toda línea de transmisión en el abasto de energía a los centros de consumo, en este trabajo se presenta el trazo de la misma considerando la topografía y mecánica de suelo del lugar, el tipo de concreto empleado en la cimentación de cada torre, el montaje de estructuras así como una breve descripción del equipo más elemental del sistema de transmisión a fin de dar al lector una idea clara de los estudios y consideraciones necesarios para la planeación, construcción y puesta en marcha de la ésta.

INDICE

“LINEA DE TRANSMISIÓN SURESTE PENINSULAR TRAMO PUNTA NIZUC- PLAYA DEL CARMEN CANCÚN, QUINTANA ROO”

I. PROSPECTIVA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO

II. TRAZO PRELIMINAR Y DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES Y TORRES

II.1 PLANEACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

II.2 PROYECTO HORIZONTAL Y ALTIMETRÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

II.3 AFECTACIÓN A PREDIOS DENTRO DE LA TRAYECTORIA DE LA LT. NIZUC-PLAYA DEL CARMEN Y SU SOLUCIÓN

II.4 SOLUCIONES AL PROBLEMA DE LAS ESTRUCTURAS QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA TRAYECTORIA DEL CONO DE APROXIMACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE CANCÚN

II.5 CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE EXTENSIONES PARA LAS ESTRUCTURAS

III. DETERMINACIÓN DE LOS TIPOS DE CONCRETO PARA LA EDIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

III.1 CEMENTO

III.1.1 TIPOS DE CEMENTO

III.2 CONCRETO

III.3 ADITIVOS

III.3.1 ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

III.4 ACCIÓN AGRESIVA DEL IÓN SULFATO

III.4.1 CORROSIÓN CAUSADA POR IONES SULFATO (EXPANSIONES)

III.4.2 FORMACIÓN DE SULFATOS EN LA NATURALEZA

INDICE

"LINEA DE TRANSMISIÓN SURESTE PENINSULAR TRAMO PUNTA NIZUC- PLAYA DEL CARMEN CANCÚN, QUINTANA ROO"

III.5 PROTECCIÓN DEL CONCRETO

III.5.1 PRUEBAS SOBRE RESISTENCIA A SULFATOS

III.6 RESISTENCIA QUÍMICA DE LOS DIFERENTES CEMENTOS

III.6.1 Concreto tipo puzolánico con alta resistencia a las sales y a los fosfatos

III.6.2 Concretos de alta densidad y de fraguado rápido con alta resistencia a las sales y fosfatos, incluyendo impermeabilizante.

III.6.3 Cemento Portland de endurecimiento rápido (Tipo III)

III.7 COLOCACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

III.8 COMPACTACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

IV. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS BASES PARA LAS TORRES

IV.1 ESTRUCTURAS UBICADAS EN SECO

IV.1.1 ANTECEDENTES

IV.1.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

IV.2 ESTRUCTURAS UBICADAS EN CUERPOS DE AGUA (CENOTES)

IV.3 CONTROL DE CALIDAD DE LAS CIMENTACIONES DE LAS BASES

V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS PLATAFORMAS PARA LAS SUBESTACIONES

V.1. SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

V.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

V.1.3 DISEÑO DE SUBESTACIONES

INDICE

"LINEA DE TRANSMISIÓN SURESTE PENINSULAR TRAMO PUNTA NIZUC- PLAYA DEL CARMEN CANCÚN, QUINTANA ROO"

V.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PRINCIPAL

V.3 ESPECIFICACIONES C.F.E. PARA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

V.3.1 CASETAS Y EDIFICIOS

V.3.2 OBRA ELECTROMECAÁNICA

V.3.3. TENDIDO Y CONECTADO DE CABLE DE CONTROL

V.3.4 INSTALACIÓN DE FUERZA Y ALUMBRADO EXTERIOR

V.3.5 COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE TIERRAS

V.4 DETERMINACIÓN DEL DISEÑO ÓPTIMO DE LOSAS DE PISO TIPO MONOLÍTICO PARA LA SUJECION DEL EQUIPO

V.5 JUNTAS DE PISO

V.6 PROTOTIPO DE LOSA AMORTIGUABLE PARA RECIBIR EL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

V.6.1 DETERMINACIÓN DEL F'C PARA CADA TIPO DE CONCRETO EN TODOS LOS ELEMENTOS

VI. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS

VI.1 EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

VI.2 EQUIPOS DE TRANSFORMACIÓN

VI.2.1 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

VI.2.2 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

VI.3 INTERRUPTORES DE POTENCIA

VI.4 APARATOS DE CORTE, CUCHILLAS DESCONECTADORAS

VI.5 DISPOSITIVOS DE COMPENSACIÓN

INDICE

"LINEA DE TRANSMISIÓN SURESTE PENINSULAR TRAMO PUNTA NIZUC- PLAYA DEL CARMEN CANCÚN, QUINTANA ROO"

VI.6 APARTARRAYOS

VI.7 HERRAJES

VI.8 AISLADORES

VI.8.1 AISLADORES TIPO ALFILER

VI.8.2 AISLADORES TIPO SUSPENSIÓN

VI.9 TIPOS Y CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN POR HILO

VI.10 CABLE DE FIBRA ÓPTICA

CONCLUSIONES

CAPÍTULO I

PROSPECTIVA DE LA ENERGÍA

ELÉCTRICA EN MÉXICO

I. PROSPECTIVA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO

MARCO LEGAL DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA

A continuación se presentan los lineamientos de política en materia de energía eléctrica para el período 1995-2000, establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa de desarrollo y reestructuración del sector de la energía, así como el marco regulatorio del sector eléctrico y de las entidades participantes en la actividad.

LINEAMIENTOS GENERALES DE POLÍTICA

En materia de energía, el Plan Nacional de Desarrollo señala que la competitividad de la economía mexicana requiere que los productores nacionales, tengan acceso a los insumos básicos como lo es la energía eléctrica para la producción en condiciones adecuadas de calidad y precio.

Asimismo, en el Programa de desarrollo y reestructuración del sector de la energía, se busca fortalecer al sector nacional a fin de aumentar su aportación a un desarrollo económico y social vigoroso, sustentable y equitativo en el país.

ENTIDADES PARTICIPANTES EN EL SECTOR

Secretaría de Energía (SE)

Su función principal es conducir la política de energía del país, así como la planeación del suministro de energía a mediano y largo plazo, fijando las directrices económicas y sociales del sector en el marco del cumplimiento de la normatividad aplicable.

Comisión Reguladora de Energía (CRE)

Órgano desconcentrado de la Secretaría de Energía que regula las actividades de los operadores públicos y privados en materia de energía eléctrica y gas natural, además participa en la determinación de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica.

Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (Conasenua)

Órgano desconcentrado subordinado de la Secretaría de Energía cuyo objetivo es vigilar que la industria nuclear cumpla con la normatividad internacional. Realiza actividades de inspección, auditoría, verificación y reconocimiento, puede dictar sanciones administrativas de acuerdo con las disposiciones de la ley competente y sus reglamentos.

Suministradores del Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

En México hay dos empresas responsables del servicio público de energía eléctrica, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Luz y Fuerza del Centro (LFC), ambos son organismos públicos descentralizados con personalidad jurídica y patrimonio propios.

La CFE, se creó en 1937 con el objeto de organizar y dirigir un sistema nacional de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica; actualmente, se rige por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y da servicio a toda la república con excepción del área central donde lo hace LFC, lo cual se ilustra en la página 5.

La LFC, se creó en febrero de 1994 con el objeto de prestar el servicio público de energía eléctrica en la zona central de México es decir, en el Distrito Federal y en algunos municipios de los estados de México, Puebla, Morelos e Hidalgo.

Productores de energía eléctrica

La oferta de energía eléctrica en el país, la complementan productores privados con permisos para generar electricidad a fin de satisfacer sus necesidades o venderla a empresas paraestatales para su distribución dentro del servicio público de energía eléctrica de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

Consumidores

Los consumidores de energía eléctrica, públicos y privados, se agrupan en cinco clases de usuarios: industrial, comercial, servicios, residencial y agrícola. El sector industrial, representa 0.4% de los usuarios absorbiendo casi el 60% de las ventas internas de la energía eléctrica, mientras que el número de consumidores del sector residencial, equivalente a 88.4% del total, utiliza el 22.7% de la energía eléctrica vendida a nivel nacional como se ilustra en la página 4. Ambos segmentos absorben más de cuatro quintas partes de las ventas totales. Actualmente, cerca del 95% de la población del país ya cuenta con el servicio de energía eléctrica.

Institutos de investigación

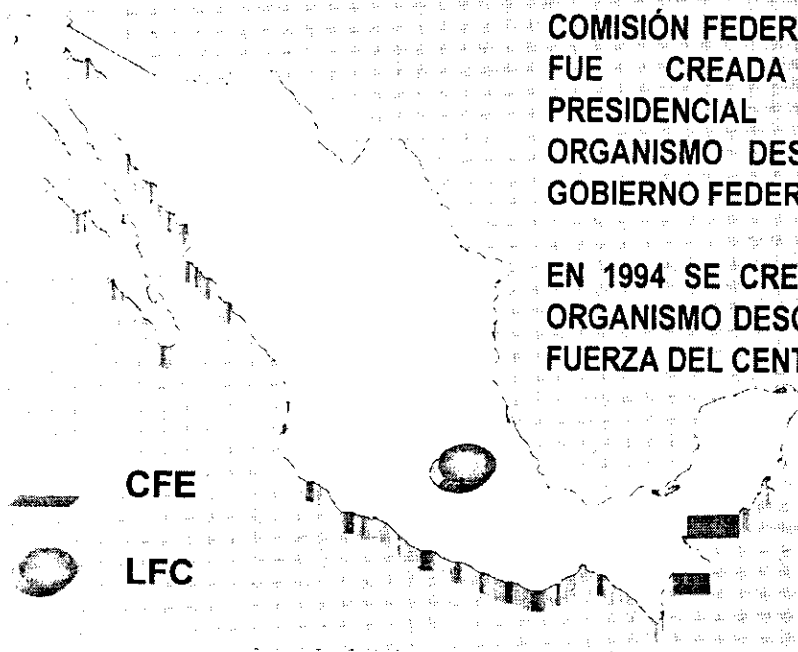
Instituto de investigaciones eléctricas (IIE)

Organismo público descentralizado de carácter científico y tecnológico, con personalidad jurídica y patrimonio propios, cuyo objeto es promover y apoyar la innovación tecnológica dentro del sector de la energía eléctrica, sus proveedores y usuarios. Sus instrumentos son la investigación aplicada al desarrollo tecnológico y la prestación de servicios técnicos especializados.

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)

Organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, cuyo objeto es la investigación y el desarrollo en el campo de las ciencias y la tecnología nuclear, promover los usos pacíficos de dicha energía y difundir los avances alcanzados para vincularlos con el desarrollo económico, social, científico y tecnológico del país.

DOS COMPAÑÍAS PARAESTATALES



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
FUE CREADA POR DECRETO
PRESIDENCIAL EN 1937 COMO
ORGANISMO DESCENTRALIZADO DEL
GOBIERNO FEDERAL.

EN 1994 SE CREA POR DECRETO EL
ORGANISMO DESCENTRALIZADO LUZ Y
FUERZA DEL CENTRO.

Empresas responsables del servicio público de energía eléctrica en México

Instituciones de promoción, fomento y asistencia técnica para el ahorro y uso eficiente de la energía

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae)

Órgano técnico de consulta en materia de ahorro y uso eficiente de energía y energías renovables, responsable de promover acciones en esta materia que involucren a todos los sectores de la sociedad.

Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE)

Tiene por objeto el desarrollo de proyectos y acciones para generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica con los mínimos costos y consumos de energía, así como concientizar y promover la participación de los diversos sectores en el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide)

Tiene por objeto impulsar los programas de ahorro de energía eléctrica en instalaciones representativas de los principales consumidores. Ha implantado el sello Fide que avala la calidad y el bajo consumo de energía de los artículos que ampara.

MARCO REGULATORIO DEL SECTOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 27, 28 y 25)

En el artículo 27 Constitucional, se establece el derecho exclusivo de la nación para generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público. Además, dispone que corresponde a la nación el aprovechamiento de los combustibles nucleares para la generación de energía nuclear.

El artículo 28, dispone que no constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las diversas áreas estratégicas a su cargo como lo es la electricidad.

El artículo 25, otorga al Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos que en su caso es establezcan.

Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE)

La reforma a la LSPEE de diciembre de 1992, permite la participación de los particulares en la generación de electricidad en actividades que no constituyan servicio público tales como; autoabastecimiento, cogeneración, pequeña producción y productor independiente.

Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

Tiene por objeto reglamentar la prestación del servicio público de energía eléctrica y las actividades que no constituyen servicio público.

Contiene las disposiciones generales, obligaciones y facultades del suministrador, obras eléctricas para el servicio público, tarifas, planeación y prospectiva del sector de energía eléctrica, inspección, sanciones y recursos administrativos.

En las últimas modificaciones al ordenamiento, se estableció la posibilidad de que los particulares construyan las líneas de transmisión que requieran para uso propio.

Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en Materia de Aportaciones

Este reglamento, dicta los lineamientos a que se sujetarán aquellas actividades que rebasen la demanda normal de energía eléctrica o que impliquen la ejecución, ampliación o modificación de obras. Además, se pretende que brinde certidumbre al usuario en el proceso de determinar las obras necesarias, su ejecución y cobros.

Ley de la Comisión Reguladora de Energía

En ella se define a la CRE como un órgano desconcentrado de la SE con autonomía técnica y operativa que tiene por objeto, promover el desarrollo eficiente de:

- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
- La generación, exportación e importación de energía eléctrica que efectúen los particulares.
- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.

Para ello, la CRE contribuye a salvaguardar la prestación de los servicios públicos relacionados con la energía; fomentando una sana competencia y protegiendo los intereses de los usuarios y de los diferentes participantes en el sector de energía eléctrica.

NORMATIVIDAD ECOLÓGICA

La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), en coordinación con la SE y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi), debe regular las actividades relacionadas con la exploración y explotación de los recursos naturales (hidráulicos, geotérmicos, etc.)

En política de combustibles, se promueve el empleo de hidrocarburos cuya combustión genere menor contaminación y el uso de tecnologías más eficientes en los procesos industriales.

En materia de normalización, la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994 regula los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera provenientes del equipo de combustión de fuentes fijas que utilizan combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

INVERSIÓN EXTRANJERA

La participación extranjera en la pequeña producción, cogeneración, auto abastecimiento, producción independiente, importación para usos propios y exportación de excedentes de energía eléctrica, quedó abierta al ser excluidas de las actividades reservadas al Estado en la Ley de Inversión Extranjera y su reglamento.

La participación extranjera en la actividad del sector energía eléctrica, que no constituye servicio público, puede ser hasta de 100% requiriendo aprobación de la Comisión Nacional de Inversiones Extranjeras si es mayor del 49% del total.

COMERCIO EXTERIOR

Con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, la importación de energía eléctrica proveniente de Canadá o EU, quedó sin gravamen a partir de 1998 así como también la exportación.

EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE LA ELECTRICIDAD

Diversos factores influyen en la demanda de energía eléctrica, los más importantes son el ritmo de la actividad económica, el crecimiento demográfico, el nivel de desarrollo, las condiciones climáticas y geográficas, la estructura y los niveles tarifarios y los cambios tecnológicos.

COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA NACIONAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR

Para medir el comportamiento de esta demanda, se hace referencia a las tarifas que se aplican, agrupadas en cinco sectores según el uso: residencial, comercial, servicios, industrial y agrícola.

De las ventas totales de energía eléctrica durante 1997, 60% fue destinado a la industria, 22.7% a los usuarios residenciales, 7.6% al sector comercial, 5.9% al riego agrícola y 3.9% al sector servicios.

Los usuarios del sector industrial representan sólo 0.4% del total y demandan alrededor de 60% de las ventas, mientras los usuarios residenciales equivalentes a 88.4% del total, su consumo representa menos de la cuarta parte de la demanda nacional de electricidad.

COMPORTAMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR REGIÓN

El territorio nacional se divide en nueve regiones que son: noroeste, norte, noreste, occidental, central, oriental, peninsular, Baja California y Baja California Sur, presentando un mayor consumo eléctrico la occidental (27,986 GWh), la central (27,971 GWh), la noreste (22,209 GWh) y la oriental (21,198 GWh).

COMPORTAMIENTO ESTACIONAL Y HORARIO DE LA DEMANDA

La demanda de energía eléctrica presenta algunas variaciones que dependen, entre otros factores del ritmo de las actividades humanas, de los días hábiles y no laborables de la región geográfica y de las estaciones del año.

EVOLUCIÓN DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS

La estructura tarifaria, pretende establecer el precio a cada usuario en función de la energía demandada, tensión, temperatura, tipo y garantía de servicio. Para 1988, se tenían 13 tarifas mientras que actualmente existen 31 modalidades diferentes que se agrupan por sector, Residencial, Comercial, Servicios, Empresa Mediana, Industrial y Agrícola.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA POR EL LADO DE LA DEMANDA

El ahorro y uso eficiente de la energía están estrechamente ligados a la conservación de los recursos no renovables, la modernización del sector productivo, la protección al medio ambiente y la racionalización de los requerimientos de inversión en la generación de electricidad.

El desarrollo económico actual, exige el uso de tecnologías de vanguardia que permitan lograr el uso eficiente de energía y reducir los impactos, estrategias en las que el ahorro de la energía es determinante.

Algunas de las posibles alternativas para el ahorro de energía por parte de los usuarios son las siguientes:

Horario de verano

Con el horario de verano que inicia el primer domingo de abril y termina el último domingo de octubre de cada año, el cual consiste en adelantar una hora el reloj, se ha logrado disminuir el uso de energéticos primarios y las emisiones de los contaminantes asociados, lo que se refleja en un ahorro importante de dinero al año.

Ilumex

Proyecto convenido por la CFE con el Banco Mundial para desarrollar un programa de reducción de pérdidas en el sector de energía eléctrica, a fin de demostrar que las inversiones para el uso eficiente de iluminación doméstica son rentables y contribuyen a evitar emisiones de gases. El proyecto contemplaba la sustitución de 1.7 millones de focos incandescentes por Lámparas Compactas Fluorescentes (LCF) de entre 15 y 25 watts en los estados de Jalisco y Nuevo León, pero debido a su éxito se amplió a los Estados de Nayarit, Coahuila y Colima con lo que se esperaban ahorros significativos.

Normalización

La Secretaría de Energía expide las normas oficiales mexicanas (NOM) de uso eficiente de energía, las cuales formula el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la preservación y uso racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE). Estas normas son de aplicación obligatoria y en ellas, se indica el ahorro de energía que se puede lograr con el uso de los equipos y sistemas descritos en las mismas respecto a los tradicionales.

Bombeo agrícola

La Comisión Nacional del Agua (Conagua), ha venido desarrollando un intenso programa para rehabilitar sistemas de bombeo agrícola, obteniéndose un potencial de ahorro de energía eléctrica del 40% respecto a su consumo actual.

Alumbrado público

El Programa Integral para la eficiencia energética municipal, pone especial énfasis en el rubro de alumbrado público.

En 1997, el alumbrado público consumió a nivel nacional cerca de 3,000 GWh, cifra que representa 2.3% de las ventas totales de electricidad en el país, energía que fué consumida mediante el uso de 3.1 millones de lámparas distribuidas en 2,400 municipios y el Distrito Federal, provocando una demanda de más de 680 MW. Se estima que 65% de estas lámparas, se pueden reemplazar por otras de mayor eficiencia con beneficios económicos y tiempos adecuados de recuperación de la inversión.

Programa de incentivos del Fide

Tiene por objetivo, lograr ahorros en el consumo y en la demanda de energía eléctrica, así como difundir el uso de equipos de alta eficiencia.

Se divide en dos programas, el alumbrado público y el sector productivo. En el primero, se busca sustituir focos incandescentes por lámparas compactas fluorescentes más eficientes, comercializándolas a precios competitivos y pagados por los usuarios mediante la factura del servicio de electricidad. En el sector productivo, se busca comercializar equipos de alta eficiencia, otorgando bonificaciones a los usuarios que los adquieran.

Cien edificios públicos

Programa que se implantó en 1996, con el fin de elevar la eficiencia de uso de la energía en el sistema de alumbrado de los inmuebles, a él se inscribieron 108 edificios con un consumo total anual de 86 GWh y una factura de 34 millones de pesos. Los beneficios que se obtendrán al implantar las medidas mencionadas en párrafos anteriores, serán de un ahorro anual de 18.9 GWh equivalentes a 10 millones de pesos.

Comité de Ahorro de Energía Pemex/Conae

Tiene por objetivo, identificar el potencial de ahorro de energía eléctrica y térmica en las instalaciones petroleras. Las estimaciones preliminares del potencial de ahorro en los sistemas de iluminación, ascienden a 11,000 MWh/año, resultado de evaluar una muestra del 15% de las instalaciones.

Programa de Ahorro Sistemático Integral (ASI)

Su objetivo es lograr ahorros de energía eléctrica mediante el financiamiento, para impulsar la comercialización y el uso generalizado de equipos, dispositivos y medidas de alta eficiencia. El programa está integrado por cuatro subprogramas que son:

- Aislamiento térmico.
- Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos de alta eficiencia.
- Sustitución de focos incandescentes por lámparas compactas fluorescentes.
- Sellado de Puertas.

Cada uno de los cuales, ha permitido obtener ahorros significativos.

ANÁLISIS DE LA OFERTA DE ELECTRICIDAD

El Sistema Eléctrico Nacional, cuya capacidad de generación hacia 1960 era de 3,021 MW, ha ido evolucionando con el objeto de mejorar continuamente las condiciones del suministro de energía eléctrica. Mayores tensiones de transmisión (230 y 400kV), unificación de frecuencia a 60Hz, interconexión de los sistemas regionales, aprovechamiento del carbón, energía geotérmica, nuclear y eólica, son algunos de los aspectos más relevantes, contando actualmente con una capacidad de generación de 34,834MW.

SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL (SEN)

El SEN se divide en nueve áreas: noroeste, norte, noreste, occidental, central, oriental, peninsular, Baja California y Baja California Sur.

El área noroeste opera en forma independiente, pero tiene enlaces con las áreas norte y occidental. Las demás, con excepción de Baja California Norte y Sur que permanecen como sistemas independientes, se encuentran interconectadas formando el Sistema Interconectado que ha permitido los siguientes beneficios:

- ❖ Reducir los requerimientos de capacidad instalada.
- ❖ Posibilitar el intercambio de energía entre regiones.
- ❖ Incrementar la confiabilidad del suministro ante condiciones urgentes.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

Capacidad Instalada

Actualmente, se tiene una capacidad instalada de 34,834 MW cuya participación por tipo de generación se muestra a continuación:

PLANTAS DE GENERACIÓN

34,834 MW JUNIO DEL 2000

TIPO DE PLANTA	MW	%
TÉRMICAS	14,058	40.36
HIDROELÉCTRICAS	9,389	29.96
CARBÓN	2,600	7.46
CICLO COMBINADO	2,463	7.07
DUAL	2,100	6.03
TURBOGAS	1,867	5.36
NUCLEAR	1,364	3.92
GEOTÉRMICA	750	2.15
OTRAS	243	0.69

Principales Centrales en operación

Centrales hidroeléctricas

Los desarrollos hidroeléctricos más importantes del país son los siguientes:

- ❖ Ubicados en la cuenca del río Grijalva, las centrales La Angostura, Chicoasén, Malpaso y Peñitas con una capacidad total de 3,900MW, representan 39% de la capacidad hidroeléctrica.
- ❖ En la cuenca del río Balsas, las centrales Caracol, Infiernillo y La Villita con 1,895MW, representan 19% del total.
- ❖ En el río Santiago, la central Aguamilpa con 960MW, representa 9.6% del total.
- ❖ En los ríos Papaloapan, Santiago, Pánuco, Yaqui, El Fuerte, Culiacán y Sinaloa, las centrales Huites y Zimapán entre otras, representan el 32.4% restante.

Centrales de generación a base de hidrocarburos

La energía termoeléctrica generada a partir de hidrocarburos, proviene de diversas centrales entre ellas, Manzanillo con 1,900MW y Tuxpan con 2,100MW, emplean combustóleo que se utiliza principalmente en unidades de carga base localizadas en puertos o en la proximidad de las refinerías de PEMEX. El gas natural, se utiliza en las centrales ubicadas en las áreas metropolitanas del Distrito Federal y Monterrey o para alimentar las plantas de ciclo combinado. El diesel, es utilizado en unidades de turbogas que operan en períodos punta para abastecer la demanda en zonas aisladas.

Centrales Carboeléctricas

Localizado en el estado de Coahuila, el desarrollo carboeléctrico comprende las centrales José López Portillo (Río Escondido) con 1,200 MW y Carbón II con 1,400 MW .

Central Dual

Localizada en el estado de Guerrero, la central Petacalco con 2,100 MW, tiene flexibilidad para utilizar combustóleo y/o carbón.

Centrales geotermoeléctricas

Ubicada en las cercanías de Mexicali, la central de Cerro Prieto con capacidad de 620 MW, proporciona el equivalente a 82.9% del total geotermoeléctrico y el restante 17.1%, es generado por las centrales ubicadas en Los Azufres , Michoacán y los Humeros, Puebla.

Central nucleoelectrónica

La única en México, Laguna Verde, localizada en el municipio de Alto Lucero, Veracruz, cuenta con 1,309MW de capacidad.

Central eoloeléctrica

La primera central eoloeléctrica, ubicada en La Venta Oaxaca, entró en operación en 1994 con 1,575MW.

Fuentes alternas

La fuente de energía primaria que tiene mayor participación en la generación de electricidad, son los hidrocarburos. Se consideran fuentes alternas, las energías hidráulica, geotérmica, nuclear, eólica y el carbón.

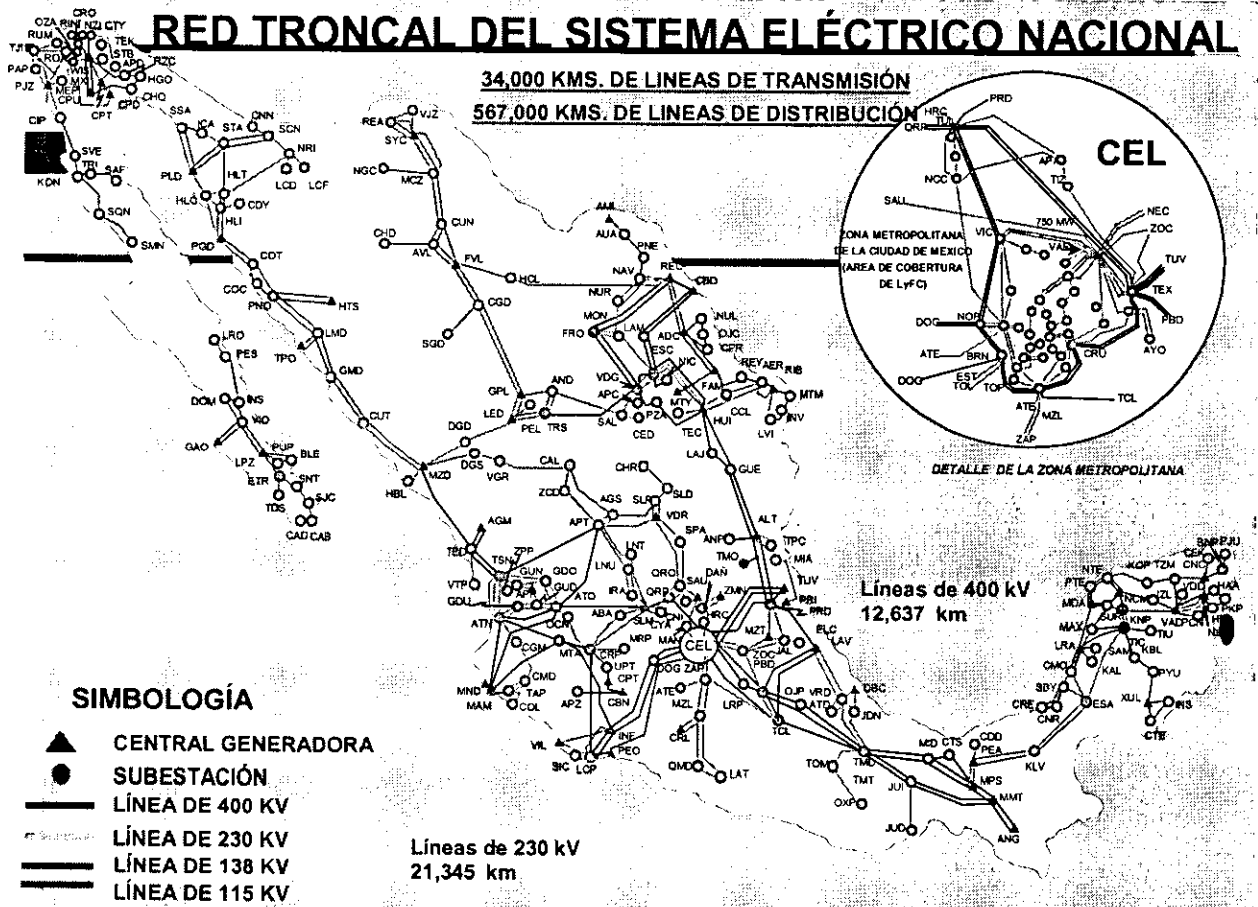
Importación y exportación de energía eléctrica

La importación de energía eléctrica ha sido necesaria para cubrir las necesidades de algunas regiones del país así por ejemplo, en Baja California y en la zona de Ciudad Juárez Chihuahua, durante el verano de 1997 se importaron un total de 400MW. Por otro lado, se exportó energía eléctrica a EU mediante los enlaces que se tienen en el área de Baja California así como 6 MW de capacidad a la empresa Belize Electricity Board.

CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL

El SEN cuenta con 404,000 Km de líneas de transmisión en niveles de tensión de 2.4 a 400 kV de los cuales, 34,000km corresponden a líneas de 230 y 400 kV, 40,000km a líneas de 69 a 161 kV y 340,000km a líneas con tensiones de 2.4 a 34.5 kV. La capacidad instalada en subestaciones es de 135,760 MVA de los cuales, 94,520 MVA corresponden a subestaciones de transmisión, 21,668 MVA a distribución de CFE y 19,572 MVA a subestaciones de LFC.

En la siguiente página se ilustra la red troncal del Sistema Eléctrico Nacional.



EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA DEMANDA

CFE realiza cada año un estudio del desarrollo del mercado eléctrico para cuantificar las necesidades de capacidad de generación del sistema en los siguientes diez años analizando para ello, los escenarios probables del crecimiento de venta de energía eléctrica con base en información referente al consumo existente, las condiciones económicas, demográficas y tecnológicas empleando modelos econométricos.

Así, para conocer la prospectiva del mercado eléctrico en el período 1998-2007, se planteó un escenario factible considerando un crecimiento del PIB del 5.1% y un crecimiento poblacional del 1.3%, ambos menores a los de 1997 con un aumento anual del número de viviendas del 2.5%. Al resultado obtenido, se le restó la energía producto del autoabastecimiento con un crecimiento supuesto del 7.7% anual y se incorporaron los ahorros derivados del Horario de verano, obteniendo así una tasa de crecimiento anual de ventas del 5.8% lo que significa una demanda total de 155.5TWh en el año 2000 y 229.5TWh en el año 2007 donde la industria y los grandes servicios, serán los sectores con mayor dinamismo económico.

En la siguiente tabla, se muestra el escenario esperado del crecimiento medio anual de las ventas de electricidad.

ESCENARIO ESPERADO CRECIMIENTO MEDIO ANUAL DE LAS VENTAS DE ELECTRICIDAD

SECTOR	1988-1997	1998-2007	INTERVALO DE CONFIANZA A 80%
RESIDENCIAL	6.6	4.4	3.6 - 5.1
COMERCIAL	3.3	5.1	4.1 - 6.1
SERVICIOS	1.3	4.3	3.1 - 5.3
INDUSTRIAL	5.9	6.9	6.6 - 7.1
AGRÍCOLA	2.5	0.5	-0.6 - 1.5
TOTAL (SIN EXPORTACIONES)	5.3	5.8	5.6 - 6.1

Luego de determinar el crecimiento de las ventas de energía eléctrica, se analiza el mercado regional con objeto de conocer las necesidades de capacidad y energía. Estos resultados, permiten establecer la magnitud y localización de la capacidad de generación y de las subestaciones así como líneas de transmisión requeridas.

PROGRAMAS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA POR EL LADO DE LA DEMANDA

En el futuro, se seguirá apoyando el desarrollo de tecnologías, programas y proyectos, difundiendo los beneficios obtenidos y fomentando la formación y consolidación de un mercado propio de productos y servicios para el ahorro y uso eficiente de energía, continuando con las siguientes acciones:

- ♦ **Horario de verano.** Se pretende tener un ahorro de energía acumulado en el período 2000-2007 de 12,390GWh.
- ♦ **Ilumex.** Se seguirán sustituyendo focos incandescentes por lámparas compactas fluorescentes de mayor eficiencia, incorporando una cultura de uso eficiente de energía.
- ♦ **Normalización.** Se esperan tener ahorros de energía por la aplicación de esas normas del orden de 679GWh anuales para el año 2007 y de 501MW de potencia evitada.
- ♦ **Alumbrado público.** Se continuarán sustituyendo más lámparas de alumbrado público por otras de mayor eficiencia estimando ahorros anuales de 890GWh en consumo y 267MW en potencia.
- ♦ **Bombeo agrícola.** La reparación de cerca de 4,850 pozos de bombeo agrícola hacia el año del 2007, permitirá un ahorro de 769GWh al año en consumo y 87MW en potencia.
- ♦ **Programa de incentivos del Fide.** Seguirá otorgando bonificaciones económicas a los usuarios que adquieran equipos más eficientes y desarrollando proyectos en lo industrial y comercial.
- ♦ **Programas voluntarios.** La Conae empezará a brindar asistencia técnica a las diversas instituciones para identificar sus potenciales de ahorro, evaluar su factibilidad técnica - económica y poner en operación programas de ahorro de energía.

PROSPECTIVA DE LA OFERTA DE ELECTRICIDAD 1998-2007

EXPANSIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El programa de expansión del Sistema Eléctrico se planea a largo plazo, debido a que los proyectos de transmisión y generación requieren de 3 a 4 años desde su autorización para entrar en operación.

El objetivo del programa es minimizar los costos actualizados de inversión, operación y de déficit del suministro en el período planificado mediante el análisis y la evaluación técnica y económica de los proyectos candidatos.

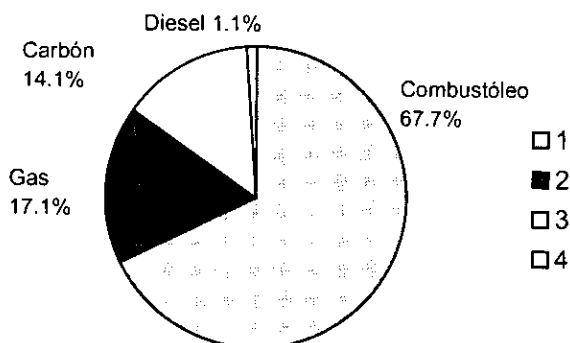
Para garantizar el servicio, se debe contar con una reserva de capacidad que supla a las unidades que salen de operación por mantenimiento o por salidas forzosas.

Para estimar la capacidad requerida por el SEN, se consideran las siguientes variables:

- ❖ **Energía necesaria y demanda de capacidad.** De acuerdo con la estimación de las ventas totales de energía eléctrica, la demanda pasará de 130.2 TWh en 1997 a 229.5 TWh en el año 2007 por lo que se requerirá incorporar una capacidad de 21,743MW.
- ❖ **Capacidad comprometida.** Se refiere a la capacidad de generación y transmisión que se obtendrá mediante las obras en proceso de construcción, misma que a la fecha es de 6,959.3MW.
- ❖ **Adiciones de capacidad por rehabilitación y modernización.** Actualmente, no están previstas adiciones importantes.
- ❖ **Capacidad retirada.** El programa de retiros empleado solo para fines de planeación, se basa fundamentalmente en razones económicas o en el término de vida útil de las unidades generadoras (30 años para las termoeléctricas convencionales y 25 años para las turbogas). En la práctica mediante un análisis costo/beneficio, se pueden rehabilitar o modernizar las unidades para continuar su operación ya sea en forma normal o como capacidad de respaldo en lugar de retirarlas del servicio.
- ❖ **Capacidad adicional no comprometida.** Es la que se obtendrá mediante nuevos proyectos para cubrir los 21,743MW no cubiertos por la capacidad comprometida.

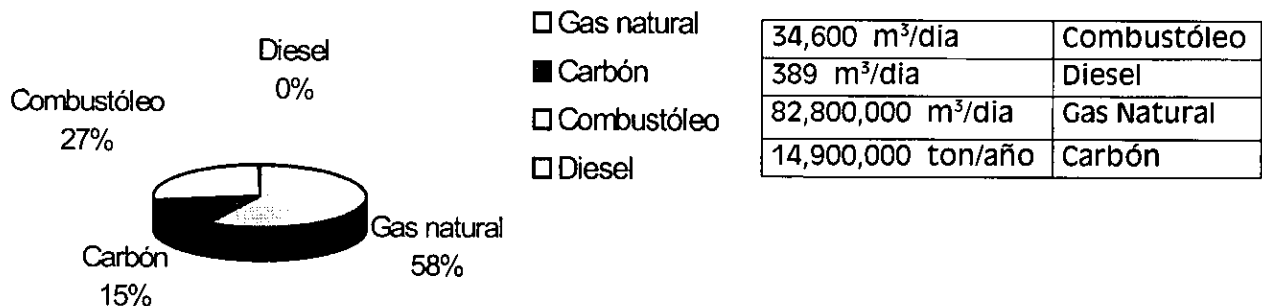
EVOLUCIÓN ESPERADA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

El consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica durante 1997 fue el siguiente:



Combustóleo	54,090 m ³ /día
Gas Natural	15 millones de m ³ /día
Carbón	8.85 millones de ton/año
Diesel	939 m ³ /día

Considerando la NOM que limita la emisión de contaminantes a la atmósfera así como el incremento del precio del gas natural y el combustóleo para el año 2007 se tendrá la siguiente variación en el consumo:



El escenario en el consumo de combustibles muestra que la mayor parte del incremento en la capacidad de generación se dará en centrales de ciclo combinado que utilizan gas natural pues además de emplear un combustible más limpio, tienen bajos costos de inversión, cortos plazos de construcción y elevada eficiencia térmica.

Sin embargo, tanto los precios relativos de los combustibles como los avances tecnológicos en el uso de otras fuentes de energía, como el carbón, podrían modificar sustantivamente los escenarios hasta ahora desarrollados.

REQUERIMIENTOS DE INVERSIÓN

La inversión que el sector energía eléctrica tiene programada para satisfacer un crecimiento previsto de 5.8% anual entre 1998 y 2007, asciende a 463 mil millones de pesos de 1999, en ella, se contempla la generación, transmisión, distribución y mantenimiento así como el pago de capital de proyectos realizados en años anteriores bajo el esquema CAT (CONSTRUCCIÓN-ARRENDAR-TRANSFERIR), los cuales se desglosan de la siguiente forma.

SMILES DE MILLONES	CONCEPTO
167	Generación
90	Transmisión
68	Distribución
69	Mantenimiento
14	Ingeniería y otras inversiones
54	Pago de capital

COMPARACIÓN DE OPCIONES TÉCNICAS PARA LA EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE GENERACIÓN

El programa de expansión contempla aquellos proyectos que con base en sus estudios de factibilidad y estimaciones de inversión, permitan lograr el mínimo costo del suministro eléctrico en el período de planeación. La selección se realiza entre proyectos específicos que requieren de un diseño especial para el aprovechamiento de los recursos primarios como los hidroeléctricos o los geotermoeléctricos; y los proyectos típicos de capacidades y tecnologías de generación disponibles comercialmente como los proyectos termoeléctricos.

La diversificación de las fuentes de generación de electricidad, permite un mejor uso de los recursos energéticos disponibles, reduciendo los efectos directos sobre el ambiente y promoviendo el aprovechamiento de los recursos renovables como el aire, agua, energía solar y desperdicios sólidos sin embargo, estos aún requieren de elevados costos de inversión y generación, lo que disminuye significativamente su competitividad.

En el mundo, las centrales nucleoeeléctricas contribuyeron en 1995 con el 17% del suministro de electricidad y ayudaron a evitar 8% de las emisiones mundiales de bióxido de carbono, aproximadamente la misma cantidad evitada por la hidroelectricidad lo que las convierte en una opción como plantas de gran capacidad sin embargo, es necesario realizar estudios precisos de impacto ambiental para determinar su influencia en el medio ambiente y en la salud de los seres vivos.

Actualmente, no se tienen previstos nuevos desarrollos en México en el corto plazo, debido a las grandes inversiones iniciales requeridas que no son competitivas con las de plantas a base de gas natural.

A continuación se presenta la capacidad adicional no comprometida que será necesaria en la República Mexicana:

ZONA	CAPACIDAD REQUERIDA MW
Noroeste	825
Norte	1050
Noreste	1800
Occidental	3010
Central	3730
Oriental	3155
Peninsular	450
Baja California	675
Baja California Sur	89

ACCIONES PROGRAMADAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA POR EL LADO DE LA OFERTA Y APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

Las acciones que lleva a cabo la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), se orientan al diseño de sistemas de cogeneración para satisfacer el ciento por ciento de los requerimientos térmicos de la instalación con la finalidad de alcanzar la máxima eficiencia global de los energéticos, obteniendo una capacidad eléctrica excedente que puede ser vendida a las empresas suministradoras.

ENERGÍAS RENOVABLES

En relación a las energías renovables, la CONAE continuará promoviendo el desarrollo de proyectos de generación eléctrica a fin de mejorar su aprovechamiento, ahorrar energéticos y reducir los impactos ambientales.

- ↳ En el caso de las plantas mini hidráulicas, estas pudieran emplearse para satisfacer las necesidades de alumbrado público y privado, en el bombeo de agua y en las comunicaciones.
- ↳ La energía solar, puede aprovecharse por medio de sistemas fotovoltaicos.
- ↳ El potencial eólico, puede ser de utilidad en las comunidades que se encuentran aisladas de la red de distribución eléctrica y cuyo abastecimiento, se hace con motores reciprocantes que emplean diésel como combustible.
- ↳ En el caso de la Biomasa, se seguirán realizando estudios a fin de poder aprovechar el biogás generado en los rellenos sanitarios.

CONCLUSIONES

El aumento previsto de la demanda de energía eléctrica para el período 1998-2007, hace necesario estudiar, evaluar y ubicar, los lugares en los cuales podrán llevarse a cabo los proyectos de generación necesarios para abastecer a las diferentes regiones.

Si bien se cuenta con esquemas de financiamiento privado para lograr lo anterior, tomando en cuenta que el ritmo de crecimiento de la oferta de electricidad en México en el futuro deberá ser mayor, tendrán que evaluarse y plantearse nuevos esquemas que ofrezcan soluciones de fondo al financiamiento del sector, además de implementar estrategias y medidas de concientización en el consumo y ahorro de la misma.

CAPÍTULO II

TRAZO PRELIMINAR

Y DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN

DE LAS SUBESTACIONES Y TORRES

II. TRAZO PRELIMINAR Y DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES Y TORRES

Objetivo Específico: Dar un panorama general de los factores primordiales que se tomaron en cuenta para seleccionar la trayectoria de la Línea de Transmisión, los procedimientos y estudios que se realizaron para ubicar las estructuras, mencionando las características de la L.T., así como la afectación a predios y su solución.

II.1 PLANEACIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Existen una serie de procesos que en cualquier proyecto de ingeniería intervienen antes de iniciar la obra y durante su construcción. Atender adecuadamente cada etapa de estos procesos, asegura al ingeniero constructor que la obra está siendo realizada dentro de los parámetros técnico-económicos determinados por la seguridad y confiabilidad de operación que requiere.

Las actividades encomendadas al transporte de bloques de energía a los centros de consumo, se inician con la planificación de la red de transmisión. El desarrollo óptimo de la red principal de transmisión, deberá estar orientado hacia los objetivos de largo plazo de acuerdo con las estrategias de localización de las centrales por lo tanto, la planeación de la red de transmisión deberá fundamentarse en estudios enfocados al horizonte de corto plazo y en estudios prospectivos para el mediano y largo plazo.

La planeación de la transmisión para el corto, mediano y largo plazo (3-30 años), se hace por medio de un procedimiento que combina optimización y simulación mediante los modelos lineales y no lineales que permiten definir en detalle el sistema de transmisión.

El diseño del sistema de transmisión final, se consigue por medio de los modelos de simulación utilizados para determinar el comportamiento eléctrico y probabilístico de los sistemas.

En forma general, se puede considerar que el diseño de un sistema de transmisión de potencia, consiste básicamente en la elección de las líneas y los equipos necesarios para suministrar la potencia requerida al menor costo posible dentro de los parámetros de calidad de servicio determinados.

Una vez determinadas las necesidades de transmisión de energía a los centros de consumo, se realizan las actividades siguientes:

- ♥ Selección de la trayectoria.
- ♥ Levantamiento topográfico.
- ♥ Diseño de la línea de transmisión.
- ♥ Construcción y puesta en servicio.

En una línea de transmisión, existen factores que han de ser tomados en cuenta durante la planeación para poder garantizar el cumplimiento del programa de construcción dentro de los costos de obra previamente determinados así como las expectativas de seguridad y economía de operación para la cual fue diseñada la línea.

En general, se pueden establecer los siguientes porcentajes de costos de una línea de transmisión:

CONSTRUCCIÓN 20%

MATERIALES 80%

Factores como el número de frentes, la disposición de efectivo y de créditos suficientes en cada etapa de construcción, la secuencia de trabajos a realizar ordenados en el tiempo, la capacidad de los ingenieros residentes de frente y de los propios monteros para solucionar los inconvenientes que se pudieran presentar, son los que finalmente determinan los costos de producción.

La construcción de una línea de transmisión es una obra de ingeniería que implica un reto de organización propia de obras de construcción pesada, no por nada son contadas las empresas que participan en los concursos de licitación que promueve la Comisión Federal de Electricidad y de éstas, son tres o cuatro las que tienen la capacidad real de llevar a cabo líneas de transmisión de gran longitud.

II.2 PROYECTO HORIZONTAL Y ALTIMETRÍA DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

Para definir la trayectoria de la Línea de Transmisión, se consideró aquella que presentara una mayor funcionalidad, menor costo posible y mínimo impacto ambiental para lo cual, se contó con información en la zona de los siguientes factores:

- ✦ Desarrollos urbanos.
- ✦ Problemas potenciales de inestabilidad de taludes y fallas geológicas.
- ✦ Cruzamiento con escurrimientos, arroyos y ríos, así como con zonas inundables.
- ✦ Contraperfiles significativos a distancias máximas de entre 15 y 20 m.
- ✦ Tipos y características de los cultivos y terrenos.
- ✦ Cruzamiento con carreteras, líneas férreas, autopistas, líneas telefónicas o de transmisión.

Dadas las condiciones del terreno, se realizó un trazo preliminar con ayuda de fotografías aéreas de la zona, y para el trazo definitivo se utilizaron las cartas topográficas del INEGI y fotogrametría, optándose por seguir la misma trayectoria de la autopista Cancún-Xcaret por ser la vía más viable, corta y económicamente factible.

De acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en las cartas topográficas de la zona se indica que existe un desnivel mínimo de 3m con respecto al nivel medio del mar, por lo que las consideraciones topográficas de la zona son de poca relevancia sin embargo, se presentaron casos extraordinarios en los que se encontró que a lo largo de la trayectoria de la línea, algunas estructuras se encontrarían dentro de cuerpos de agua (cenotes, hondonadas que se encontraban inundadas en la época de lluvias, ríos, arroyos, etc.).

Para realizar el trazo definitivo de la trayectoria de la línea, fue necesaria la tala y deforestación de la brecha de acceso que se inició en la Subestación de Playa del Carmen.

Para proceder con lo anterior, se entregó un Informe Preventivo e información complementaria de este proyecto mediante el oficio D.O.O.DGNA. 00864 fechado el 12 de agosto de 1996, donde se mencionan todas y cada una de las normas, consideraciones y términos que debieron cumplirse para la realización de los trabajos de deforestación, reforestación, tratamiento de desechos producto de la tala, productos no degradables (aceites, lubricantes, combustibles, etc.), además de la puesta en funcionamiento, abandono y mantenimiento.

Luego de que la brecha de acceso a la línea fue habilitada, se procedió a la ubicación de las mojoneras de localización de las cimentaciones de las torres con ayuda de equipo de tránsito y teodolitos automáticos.

Para ubicar las estructuras de cimentación, se realizaron los estudios de Mecánica de Suelos cuyo resultado fue comparado con el registrado en las cartas geológicas de la región-mapa geológico realizadas por el INEGI observándose que el terreno presentaba las condiciones ideales para la construcción de pilas superficiales las cuales, fueron coladas in situ y dimensionadas de acuerdo a la normalización señalada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Debido a las condiciones físicas del terreno, la ubicación, trazo y construcción de la línea presentó dificultades y retos de construcción.

Así, las características de la línea de transmisión que se encuentra actualmente dentro del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) en el Estado de Quintana Roo, denominada Punta Nizuc - Playa del Carmen, son:

- 67 Km de longitud desde la Subestación de Punta Nizuc hasta su término en la Subestación de Playa del Carmen.
- Tensión de transmisión entre fases de 230,000 V.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Estructuras de suspensión, torres tipo 4PR3, 4PS3, 2NH4, BC20, BC24 Y BC29, así como postes tipo troncocónico 2410 SMP Y 2411 DMP, las cuales en conjunto, suman 169 estructuras.
- Cable conductor tipo 1113 ACSR/AS con cableado concéntrico y núcleo de acero con recubrimiento de aluminio soldado.
- Cable de guarda tipo 7#8 (ASS) un cable de acero con recubrimiento de aluminio soldado y un cable de fibra óptica.

- Aislamientos en suspensión, cadenas de aisladores de vidrio templado de 111kN normales y de niebla.
- Aisladores en tensión, cadenas de aisladores de vidrio templado de 111kN normales.
- Herrajes para cable conductor tipo, libre de efectos corona adecuado para mantenimiento con línea energizada (Hot Line).
- Herrajes para cable de guarda tipo, aleación de aluminio y para la fibra óptica.
- Niveles básicos de aislamiento al impulso (NBAI), 1050 kV.
- Densidad de sedimentos (contaminación), 0.35mg/cm.
- Densidad de rayos a tierra de 4.00/km
- Un conductor por fase.

II.3 AFECTACIÓN A PREDIOS DENTRO DE LA TRAYECTORIA DE LA LT. NIZUC-PLAYA DEL CARMEN Y SU SOLUCIÓN

Con la trayectoria definitiva de la línea de transmisión, se vieron afectados 16 predios ejidales en una franja de 45km de selva, 3 predios urbanos además del cruce por la autopista Cancún - Valladolid y las minas a cielo abierto de material pétreo (grava) propiedad de Cemex.

Una vez que se identificaron los predios que resultaban afectados por la trayectoria de la línea, la Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales, realizó el avalúo correspondiente de cada propiedad considerando el valor de tierra así como de las construcciones, vías de acceso o cultivos que en ellos se encontraban y proceder a la indemnización de los afectados a quienes, después de considerar diferentes acciones y soluciones de conformidad con los mismos, en algunos casos se les retribuyó en especie o en obras de beneficio a la población.

Además, se procedió al cambio de uso de suelo que para los terrenos ejidales, quedó contemplado dentro del dictamen de la Comisión de Avalúos del estado de Quintana Roo en el oficio número 26/04/96-00072, donde se autorizó el cambio de uso de suelo de los terrenos que se encontraban en la franja de los 45km de selva con las respectivas disposiciones, normas y términos impuestas por la SEMARNAP del estado, mismas que fueron señaladas en el dictamen hecho por la Dirección General de Normatividad Ambiental del estado y del Instituto Nacional de Ecología.

Para indemnizar a los propietarios de los predios ejidales el total del área afectada por la construcción, operación y mantenimiento de la Línea de Transmisión, se consideraron las tablas de catastro vigentes en el estado. Así, el precio de la tierra se vio afectado por los valores a precio no de mercado con la consecuente inconformidad de los propietarios a quienes al no haber una reubicación de las estructuras, se retribuyó a su comunidad con 2 caminos de acceso a la autopista Cancún-Xcaret y a la carretera Puerto Morelos-Laguna Azul.

Los predios urbanos, al encontrarse dentro de la zona urbana de Puerto Morelos y por la importancia de la obra de transmisión, fueron indemnizados de acuerdo con las tablas de catastro de la propia Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En el caso de los predios propiedad de la empresa Cemex, el área afectada no influía en grado considerable las actividades de la empresa, por lo que se expropió de común acuerdo un área igual a la brecha de paso (camino de 16m de ancho), retribuyendo en especie a la empresa con un camino de acceso a la autopista Cancún-Xcaret de 1.5 carriles y 2.5Km.

II.4 SOLUCIONES AL PROBLEMA DE LAS ESTRUCTURAS QUE SE ENCUENTRAN DENTRO DE LA TRAYECTORIA DEL CONO DE APROXIMACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE CANCÚN

En México, debido al largo período de tiempo que transcurre entre la elección de la trayectoria de una línea de transmisión, su licitación y posterior construcción así como a la falta de planificación de la zona circundante, se pueden presentar acentamientos humanos, construcciones, vialidades, líneas telefónicas, etc., que afectan a dicha trayectoria e incrementan el costo derivado de las indemnizaciones por expropiaciones y modificaciones a la misma.

En el caso de la línea de transmisión Punta Nizuc-Playa del Carmen, en el estudio que realizó la Comisión Federal de Electricidad (CFE) cuando se emitió la convocatoria de este paquete, la trayectoria casi recta de la línea no afectaba los límites del aeropuerto, pero meses antes de la construcción de esta, el aeropuerto se amplió en una pista para ser considerado como aeropuerto internacional y cumplir con los requisitos estipulados por la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

Así, un tramo de la trayectoria establecida se encontró dentro del cono de aproximación del aeropuerto afectando la seguridad de las operaciones aéreas debido a que las estructuras proyectadas, sobrepasaban la altura que para las autoridades de la DGAC y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) es de 34m por lo que se propuso el reacomodo de las mismas.

Aún cuando el trazo de la línea fue reubicado, las estructuras causaban un riesgo a la seguridad del aeropuerto por lo que se optó por la utilización de nuevas estructuras.

En la selección del nuevo tipo de torres, se realizaron los estudios de factibilidad del cambio de estructuras, uso de postes troncocónicos, así como el nuevo trazo de la línea.

Se propusieron tres tipos diferentes de estructuras de suspensión, el primero fue la utilización de postes troncocónicos de dos circuitos, el segundo el reestructuramiento y nuevo diseño de las estructuras 4PR3 (recortar las estructuras hasta obtener la altura de seguridad deseada) y por último, la utilización de estructuras existentes en el almacén de equipo electromecánico propiedad de la residencia del Sureste de la CFE dentro de la subestación de Punta Nizuc.

La primera opción sobre el uso de postes troncocónicos, fue rechazada por los inconvenientes de la estructuración de su cimentación, debido a que las plantillas de armado para los pernos de sujeción no se encontraban en esta residencia y las estructuras tenían que ser enviadas por barco desde el puerto de Veracruz, por lo que tardarían alrededor de 4 semanas en estar en los almacenes de Cancún.

Además, los postes en existencia que se tenían en los almacenes de la CFE y la empresa contratista, eran de dimensiones mayores y se debían recortar teniendo que realizar el rediseño de los esfuerzos y estructuras de cimentación de los mismos.

En relación al rediseño de las estructuras ya existentes, fue rechazado por la CFE ya que se debían realizar las inspecciones y pruebas de laboratorio así como las pruebas de esfuerzos para darlo como bueno, mismas que tardarían alrededor de 6 a 8 meses.

Por otra parte, se tenía conocimiento de que existían estructuras de reserva en la residencia del Sureste que ya estaban probadas y normalizadas, por lo que para reducir los contratiempos, con estas mismas se tendió el tramo que comprendía el cono de aproximación del aeropuerto, tomando como base que las estructuras existentes en los almacenes eran de una capacidad menor de resistencia, se llegó a dar la posibilidad de colocar un número mayor de estructuras dentro de esta área.

Las estructuras que se encontraban en existencia, se clasificaron y se rehabilitaron en algunos de los casos con partes de las estructuras tipo 4PR3, por lo que nuevamente los trabajos de armado no se verían afectados para la entrega de la obra en más de 2 semanas.

Esta opción fue la que se propuso como la mejor. Las estructuras que existían en los almacenes de la residencia del Sureste, ubicada dentro de las instalaciones de la Subestación de Punta Nizuc fueron del tipo; BC20, BC24 y BC29 las cuales cumplían de acuerdo con su diseño estructural, los requerimientos para su uso en este tramo de la línea y se colocaron a una distancia menor para lograr los mismos resultados de operación que con las estructuras del proyecto original.

Dadas las condiciones de estas estructuras, se logró una altura máxima permitida por debajo de los 34m de altura al inicio de el área del cono de aproximación, cumpliendo así con la normatividad de la DGAC y garantizando la seguridad en el aterrizaje y despegue de las aeronaves que ingresan y salen de este aeropuerto. Para colocar las estructuras de cimentación, se tomaron los criterios mencionados anteriormente para el caso de sitios secos o en cuerpos de agua.

La demolición y recuperación de las estructuras y stubs que ya se encontraban armadas en estos sitios, así como las estructuras que se encontraba en la brecha de la línea, requirió de aproximadamente 8 días.

Este material, por ser de acero, en algunas ocasiones fue robado y vendido como desperdicio industrial, por lo que la recuperación de la totalidad de las estructuras, fue difícil tanto por su ubicación como por el robo que existió durante la construcción y reubicación de las estructuras.

II.5 CONSIDERACIONES EN LA DETERMINACIÓN DE EXTENSIONES PARA LAS ESTRUCTURAS

En algunos de los tramos de la línea que se ubican paralelos a la autopista Cancún - Xcaret, se realizaron caminos de acceso de terracería, la topografía particular de estos sitios hizo necesaria la colocación de extensiones a las estructuras.

De igual manera, en el tramo que fue modificado se levantaron los perfiles en cruz de todas las estructura con la finalidad de determinar el tipo de extensiones que requerirían.

Las estructuras que requirieron de las extensiones más altas (+5), fueron la ubicada en la salida de los bancos de préstamo para el suministro de materiales pétreos (Cemex). La torre (109) es la más alta de las 2NH4 dentro de la línea.

El formato de perfiles está diseñado para longitudes de hasta 15m y representa el perfil topográfico a lo largo de cada una de las patas de la torre, se anota también el número de torre, su cadenamiento y el nivel así como el tipo de terreno en que se localiza y la extensión adecuada. Las patas de la torre, se enumeran en sentido horario comenzando con la pata que se encuentra a la izquierda y en el sentido de la línea.

Uno de los aspectos que se cuidó en la determinación de extensiones en las estructuras que tendrían cimentaciones ancladas, fue la profundidad del material sano ya que en ocasiones el despalme alcanzó el metro de profundidad, provocando una extensión mayor a la calculada con los perfiles en cruz.

En general esta circunstancia se vuelve más grave cuando en terrenos muy accidentados, es necesario utilizar extensiones muy grandes y el terreno firme se presenta a una profundidad mayor o viceversa, cuando la misma topografía no permite la localización de la estructura es necesario realizar obras especiales.

Con la información obtenida, se procedió al llenado de las listas de distribución de las estructuras las cuales forman un documento de consulta rápida tanto para el ingeniero proyectista como para el constructor.

CAPÍTULO III

DETERMINACIÓN DE LOS TIPOS DE

CONCRETO PARA LA

EDIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

III. DETERMINACIÓN DE LOS TIPOS DE CONCRETO PARA LA EDIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

Objetivo Específico: Mencionar las características del cemento Pórtland y el concreto especificados por la C.F.E. en la construcción de L.T. desde 115kV a 400kV, así como las medidas necesarias para protegerlo de la corrosión derivada de los sulfatos de acuerdo al tipo de suelo existente en la zona.

INTRODUCCIÓN.

La importancia del concreto en la estructura de las torres y edificaciones fue significativa debido a las condiciones poco favorables en campo para llevar a cabo la fabricación y colocación del mismo por lo que se establecieron una serie de controles e inspecciones a los materiales que lo conformaron y a su proceso de colocación.

A continuación se exponen los factores más importantes que se consideraron durante el empleo del concreto en la construcción de la Línea.

- ∞ Tipos de cemento
- ∞ Agregados pétreos
- ∞ Buen vibrado
- ∞ Aditivos

III.1 CEMENTO.

El cemento es un material pulverulento de extremada finura que actúa como conglomerante hidráulico, es decir, que amasado con agua adquiere consistencia pastosa, fraguando tanto al aire como bajo el agua, endureciendo después gradualmente hasta adquirir consistencia pétreo.

Existen diversas clases de cemento con composición química y propiedades diferentes, que se elaboran mediante procesos tecnológicos diferentes. El tipo de cemento más importante se denomina cemento Pórtland.

Como materias primas para la fabricación del cemento Pórtland se utilizan la caliza y sustancias arcillosas naturales (arcillas, margas, etc.) o, eventualmente, subproductos industriales ricos en silicatos. Estas sustancias se mezclan en proporciones adecuadas, se muelen y homogeneizan, introduciéndose la mezcla así obtenida en hornos especiales a temperaturas de 1000 a 1500°.

El producto obtenido en esa calcinación denominado clinker, se muele conjuntamente con una cierta proporción de piedra natural de yeso y, algunas veces, otros aditivos. El producto que se obtiene de este modo se denomina cemento Portland.

III.1.1 TIPOS DE CEMENTO

La norma C150 publicada por la ASTM distingue los siguientes tipos de cemento:

TIPO I. Común.

Es empleado cuando el concreto no está sujeto al ataque de agentes agresivos como los sulfatos del suelo o del agua, o a elevaciones perjudiciales de temperatura debido al calor generado en la hidratación. Entre sus usos incluyen pavimentos, aceras, edificios de concreto reforzado, puentes, estructuras para ferrocarriles, tanques y depósitos de tuberías para agua, mamposteo, etc.

TIPO II. Modificado.

Se destinan a construcciones de concreto expuestas a una acción moderada de los sulfatos o cuando se requiere un calor de hidratación moderado, como en las estructuras de drenaje, presas y obras marítimas donde las concentraciones de sulfato en las aguas subterráneas sean algo más elevadas de lo normal, pero no muy graves.

TIPO III. De rápida resistencia.

Se usan cuando se tienen que retirar las cimbras o moldes lo más pronto posible, o cuando la estructura se debe poner en servicio rápidamente.

TIPO IV. De bajo calor.

Se emplea en construcciones masivas pues en su solidificación, la cantidad de calor generada por las reacciones químicas es mínima.

TIPO V. De alta resistencia a los sulfatos.

Ayuda a resistir los efectos corrosivos de concentraciones moderadas de sulfatos líquidos almacenados en agua subterránea, revestimiento de canales, alcantarillas, túneles, sifones y en general en todo tipo de estructuras que estén en contacto directo con aguas que contengan una concentración elevada de sulfatos.

Cemento Portland Blanco.

Se emplea para fines decorativos o arquitectónicos, para pisos, techos y muros en plantas industriales; para albercas, señales de caminos y calles, así como todo tipo de acabados aparentes.

III.2 CONCRETO

El concreto es un material artificial integrado por cemento, agua y agregado pétreo, su resistencia a la compresión se mide en kg/cm^2 y se presenta por medio de "f'c", variando de 50 en 50 unidades: (100, 150, 200, etc.) comúnmente y en construcciones normales se llega a construir hasta con f'c de 350 y 400 kg/cm^2 .

Además de la resistencia, en la construcción se emplea de acuerdo a las necesidades de la obra 2 tipos principales de concreto:

El Concreto Normal fabricado con cemento tipo normal alcanza la resistencia de diseño a los 28 días, mientras que el de Resistencia Rápida, elaborado con cemento tipo III, alcanzará la misma resistencia a los 14 días.

III.3 ADITIVOS

Un aditivo se puede definir como un producto químico que, excepto en casos especiales, se agrega a la mezcla de concreto en cantidades no mayores de 5 por ciento por masa de cemento durante el mezclado o durante una operación adicional de mezclado antes de la colocación de concreto con el propósito de realizar una modificación específica, o modificaciones, a las propiedades normales de concreto.

Los aditivos pueden ser orgánicos o inorgánicos en cuanto a su composición, pero su carácter químico que difiere del mineral, es su característica esencial.

Los aditivos se clasifican comúnmente por su función en el concreto, pero con frecuencia exhiben alguna acción adicional. La clasificación de la norma ASTM C 494-92 especificada por la C.F.E para la construcción de L.T. desde 115kV hasta 400kV es la siguiente:

- ⌘ Tipo A Reductores de agua
- ⌘ Tipo B Retardantes
- ⌘ Tipo C Acelerantes
- ⌘ Tipo D Reductores de agua y retardante
- ⌘ Tipo E Reductores de agua y acelerante
- ⌘ Tipo F Reductores de agua de alto rango o superfluidificantes, y
- ⌘ Tipo G Reductores de agua de alto rango y retardantes, o superfluidificantes y retardantes.

III.3.1 ADITIVOS IMPERMEABILIZANTES

El concreto absorbe agua debido a la tensión superficial existente en los poros capilares de la pasta de cemento hidratado. La finalidad de los aditivos impermeabilizantes es reducir la permeabilidad del concreto en estructuras que estarán en contacto directo con el agua.

Los aditivos impermeabilizantes pueden reaccionar con el hidróxido de calcio de la pasta de cemento hidratado; ejemplos de productos empleados son el ácido esteárico, algunas grasas vegetales y animales, estearato de calcio, algunas resinas de brea de carbón o de hidrocarburos las cuales, producen superficies repelentes al agua.

III.4 ACCIÓN AGRESIVA DEL IÓN SULFATO

Cuando los cimientos van a estar sumergidos permanentemente en la capa freática, es esencial determinar el nivel máximo de dicha capa ya que las medidas a adoptar para la protección de estos, debe aplicarse hasta dicho nivel.

La mayor parte de los procesos de destrucción causados por formación de sales, son debidos a la acción agresiva de los sulfatos.

Los sulfatos son las sales de anión sulfato que pueden estar presentes en las aguas residuales industriales en forma de disolución diluida de ácido sulfúrico; en las aguas del subsuelo pocas veces aparece el sulfúrico libre, siendo mucho más frecuentes sus sales, es decir, los sulfatos.

El ión sulfato forma sales. Los sulfatos perjudiciales para el hormigón se encuentran preferentemente en los terrenos arcillosos o en sus capas freáticas.

Los sulfatos más peligrosos para el cemento Pórtland son los amónico, cálcico, magnesio y sódico. Los sulfatos potásico, cúprico y aluminico son menos peligrosos. El sulfato bórico y el de plomo son insolubles y, por lo tanto, inofensivos para el hormigón.

La presencia de sulfatos en un agua que está en contacto con una pasta endurecida de cemento, puede incrementar considerablemente la solubilidad de los componentes de dicha pasta y causar, por una parte, el desarrollo de una corrosión del tipo I.

Por otra parte, la presencia de sulfatos puede ocasionar una reacción de cambio de base, originándose una corrosión del tipo II.

En ciertas circunstancias puede ocurrir, sin embargo, que la presencia de sulfatos dé lugar a una corrosión del tipo III.

En esencia sucede que el agua en contacto con la pasta endurecida de cemento se satura progresivamente de sulfato de calcio, eventualmente como resultado de una reacción de cambio de base.

El radical del ácido sulfúrico (radical sulfato) puede estar presente en los terrenos, en diversas formas:

1. En forma de minerales que contienen combinaciones de azufre, o como combinaciones procedentes de la descomposición de estos minerales;
2. En forma de disoluciones de productos de materias orgánicas que contienen azufre. Las oxidaciones pueden ser causadas o completadas por factores biológicos y, en especial, por la absorción del oxígeno de la atmósfera, a menos que estos factores no sean destruidos por el ácido sulfúrico resultante.

III.4.1 CORROSIÓN CAUSADA POR IONES SULFATO (EXPANSIONES)

El ataque por sulfatos es el más frecuente y peligroso de todos los ataques químicos. Los ensayos de permeabilidad efectuados han demostrado que el agua con sulfatos, debido a su capacidad humectante, penetra rápida y profundamente en el interior del hormigón.

El medio agresivo sulfático que actúa sobre el hormigón desde el exterior, empieza por atacar la superficie de los granos de clinker hidratados. La pasta endurecida de cemento es inestable en una solución con sulfatos, y tampoco son estables los minerales constituyentes del cemento.

La corrosión debida a los sulfatos, hace que la pasta endurecida del cemento, a consecuencia de un aumento de volumen, se desmorone, sufra una expansión, se agriete y el hormigón se ablande.

III.4.2 FORMACIÓN DE SULFATOS EN LA NATURALEZA

El ión sulfato aparece en mayor o menor cuantía en todas las aguas libres o subterráneas, y principalmente en el agua de mar, además de existir en los estratos mineralizados. El contenido de ión sulfato de las aguas subterráneas es especialmente considerable en los terrenos arcillosos. En la arena sólo se encuentra como una aportación exterior.

En los elementos de hormigón que están sumergidos en las aguas subterráneas, deberá tenerse en cuenta la acción simultánea de diversas acciones corrosivas. Las propiedades agresivas no están determinadas tan sólo por la composición química del agua, sino que también dependen de otros factores físicos, e incluso biológicos. Así por ejemplo, la corrosión puede ser acelerada o retardada por el hecho de que el agua esté en reposo o en movimiento, por su temperatura, posibilidad de evaporación, existencia de microorganismos, etcétera.

III.5 PROTECCIÓN DEL CONCRETO

Tanto las construcciones como los elementos estructurales deben soportar satisfactoriamente los ataques químicos que, en forma temporal o permanente, actúen sobre ellos.

Los problemas de corrosión por la acción agresiva de las aguas subterráneas, pantanosas o de mar, las cuales contienen generalmente en mayor o menor grado de concentración las mismas o parecidas sustancias perjudiciales, circunstancia que permite apreciar la agresividad de estas, depende de muchos factores, tales como las propiedades de los cementos y la calidad del concreto.

Las condiciones que el concreto ha de presentar en las distintas ramas de la construcción, respecto de su resistencia a los ataques químicos y, por tanto, de su duración, deben estudiarse teniendo en cuenta los agentes químicos, a cuya acción ha de estar expuesto.

Un concreto de cemento Pórtland presenta una resistencia suficiente a la acción de las aguas sulfatadas, siempre que éstas no contengan más de 300mg de sulfatos/litro.

Las acción de las aguas que contienen más de esta cantidad puede ser resistida por concretos hechos con cementos Pórtland sulforresistentes, cementos de horno alto con gran contenido de escorias, cementos aluminosos, cementos sobresulfatados y cementos especiales con contenidos muy elevados o nulos de escorias de horno alto y clinker exento o pobre en aluminato tricálcico; pero no siempre es suficiente esta norma práctica para poder considerar como suficiente la resistencia de un cemento frente a los sulfatos.

En los Estados Unidos de América, para los concretos que han de estar expuestos a la acción agresiva de agentes químicos, se prescriben determinados tipos de cemento que se consideran apropiados en virtud de su composición química, ensayos de resistencias mecánicas y ensayos de estabilidad de volumen. La norma C150 publicada por la ASTM distingue los cementos tipo I, II, III, IV, y V, mencionados al inicio de este capítulo.

Para fines prácticos, al seleccionar un cemento portland apropiado o un cemento mezclado, es útil considerar una clasificación basada en la propiedad física o química más importante, como una rápida ganancia de resistencia, baja rapidez de evolución del calor de hidratación o resistencia al ataque de sulfatos y fosfatos.

Así si se desea elegir el tipo de cemento apropiado para una obra que ha de estar expuesta a ataques por sulfatos, debemos basarnos en los resultados de la química del clinker, en los conocimientos adquiridos sobre los procesos de fraguado, en la experiencia práctica y en las normas aprobadas oficialmente.

III.5.1 PRUEBAS SOBRE RESISTENCIA A SULFATOS

La resistencia del concreto al ataque de sulfatos se puede probar en el laboratorio mediante el almacenamiento de especímenes en una solución de sulfato de sodio o de magnesio, o en una mezcla de los dos. El mojado y el secado alternados aceleran el daño a causa de la cristalización de sales en los poros del concreto. Los efectos de la exposición se pueden estimar por la pérdida de resistencia del espécimen, por cambios en su módulo dinámico de elasticidad, por su expansión, por su pérdida de masa, o se pueden valorar incluso visualmente.

Para poder determinar la resistencia química de los elementos de concreto fabricados con diferentes tipos de cemento, debemos conocer la composición, propiedades, así como la marcha de los procesos de hidratación, fraguado y endurecimiento de los cementos.

En relación con esto, debemos saber que:

1. La evolución de las propiedades de la pasta de cemento endurecida precisa un largo plazo;
2. La resistencia mecánica del hormigón varía con el tiempo;
3. La resistencia mecánica por sí sola no expresa todas las propiedades que determinan la resistencia a los agentes agresivos y la durabilidad.

Para mejorar las propiedades del cemento, el clinker molido se mezcla con sustancias adicionales, o se muelen éstas simultáneamente con el clinker.

Las adiciones del cemento pueden ser clasificadas en los tres grupos siguientes:

- a) adiciones capaces de fraguar o cementoides, por ejemplo; escorias básicas granuladas de alto horno y ciertas cenizas volantes que, finamente molidas y mezcladas con agua, pueden endurecerse, aunque a veces a un ritmo muy lento;
- b) adiciones activas que, mezcladas solamente con agua, no pueden endurecerse, pero que se endurecen hidráulicamente en presencia de la cal (productos hidráulicamente latentes). Tales productos son las puzolanas naturales, el strass y algunas materias sintéticas;
- c) adiciones inactivas que, al parecer, no participan en el fraguado y endurecimiento hidráulico. Son, por ejemplo, rocas cristalizadas con un molido basto.

III.6 RESISTENCIA QUÍMICA DE LOS DIFERENTES CEMENTOS

III.6.1 Concreto tipo puzolánico con alta resistencia a las sales y a los fosfatos

Cemento resistente a sulfatos y fosfatos (Tipo V)

En el cemento endurecido, el hidrato de aluminato de calcio puede reaccionar en forma similar con una sal de sulfato derivada del exterior del concreto: el producto de adición es sulfoaluminato de calcio, que se forma dentro del sistema de pasta hidratada de cemento. La desintegración gradual del concreto resulta porque el aumento en el volumen de la fase sólida es de 227%. Un segundo tipo de reacción es el cambio de base entre el hidróxido de calcio y los sulfatos, que da por resultado la formación de yeso con un aumento de 124% en el volumen de la fase sólida.

Estas reacciones son conocidas como ataque de sulfatos. Las sales particularmente activas son de sulfato de magnesio y sulfato de sodio. El ataque de sulfatos se acelera en forma importante si es acompañado por humedecimiento y secado alternos.

Se deberá observar que el uso del cemento resistente a sulfatos y fosfatos puede ser desventajoso cuando hay riesgo de presencia de iones de cloruro en el concreto que contiene acero de refuerzo u otro acero embebido.

Cementos Pozolánicos

Las puzolanas, siendo un material hidráulico latente, se usan siempre en conjunción con cemento Portland. Los dos materiales se pueden entremoler o mezclar, algunas veces se pueden combinar en la mezcladora de concreto, pero las posibilidades son similares a aquellas de escoria granulada de alto horno.

La ventaja que tiene es una baja rapidez de desarrollo de calor, por lo que se considera un cemento de bajo calor. Por otro lado, tiene cierta resistencia al ataque de sulfatos y al ataque de ácidos débiles.

III.6.2 Concretos de alta densidad y de fraguado rápido con alta resistencia a las sales y fosfatos, incluyendo impermeabilizante.

Concreto de alta densidad

En ocasiones se requiere que el concreto tenga una alta durabilidad, alta resistencia ya sea muy temprana, a 28 días o posterior, o bien un alto módulo de elasticidad.

Un concreto de alta densidad tiene alta resistencia o una baja permeabilidad. Las dos propiedades, aunque no necesariamente concomitantes, se enlazan una con la otra porque la alta resistencia requiere un bajo volumen de poros, especialmente de los poros capilares mayores. La única manera de que la mezcla tenga volumen bajo de poros es que contenga una distribución de partículas hasta el tamaño más fino lo cual se logra con el empleo de humo de sílice pues llena los espacios entre las partículas de cemento y entre estas y el agregado.

Sin embargo, la mezcla debe ser suficientemente trabajable para que los sólidos se dispersen de tal manera que se logre el empaquetado denso, lo cual requiere la defloculación de las partículas de cemento. Esto se logra mediante el uso de un superfluidificante a una dosificación alta. El superfluidificante debe ser efectivo con el cemento Portland, es decir que los dos materiales deben ser compatibles.

Cuando se satisfacen las condiciones anteriores, se obtiene el concreto de alta densidad. El concreto es muy denso, tiene un volumen mínimo de poros capilares y estos poros llegan a segmentarse en el curado. Al mismo tiempo, una proporción importante del cemento Portland permanece sin hidratar, aún cuando el concreto esté en contacto con agua, pues esta no lo puede penetrar a través del sistema de poros como para alcanzar los restos sin hidratar del cemento Portland. Estos restos se pueden considerar como partículas muy finas de "agregado" las cuales están extremadamente bien adheridas a los productos de hidratación.

Propiedades del agregado en el concreto de alta densidad

Aunque se utilizan agregados comunes al hacer concreto de alta densidad, en el concreto de muy alta resistencia, la resistencia de las partículas mismas de agregado grueso puede ser crítica, en consecuencia la resistencia de la roca madre es importante, pero la resistencia de adherencia de las partículas de agregado puede también ser un factor limitante. Se han observado que las características mineralógicas del agregado grueso influyen en la resistencia del concreto resultante, pero no se cuenta con ninguna norma de orientación simple sobre la selección del agregado.

La limpieza del agregado, la ausencia de polvo que se adhiere y la uniformidad de la granulometría son esenciales. La durabilidad de las partículas del agregado es vital cuando es probable que el concreto que contiene vaya a estar expuesto a congelación y deshielo.

El agregado fino deberá estar redondeado y clasificado uniformemente, pero más bien grueso, pues las mezclas ricas utilizadas en el concreto de alta densidad tienen un alto contenido de partículas finas: a veces se recomienda un módulo de finura entre 2.8 y 3.2.

Durabilidad de concreto de alta densidad

Una de las características principales del concreto de alto desempeño es su muy baja penetrabilidad; las consecuencias de este mérito merecen atención considerable.

El hecho de que el concreto de alta densidad tenga una estructura particularmente densa de pasta de cemento hidratado lo cual le proporciona una alta densidad con un sistema discontinuo de poros capilares, quiere decir que el concreto de alta densidad posee una alta resistencia al ataque externo. Esto es particularmente cierto con respecto al ingreso de cloruros dentro del concreto.

Con respecto al riesgo de reacción álcali-sílice, se puede esperar que sea el concreto de alta densidad que contiene humo de sílice, particularmente resistente porque tiene una permeabilidad muy baja, lo cual limita la movilidad de los iones, pues la presencia de agua es esencial para que ocurra la reacción álcali-sílice.

La categorización del concreto de alta densidad como resistente o no resistente a la congelación de deshielo, se complica por el hecho de que la norma ASTM C 666-92 considera ser usual una prueba a edad temprana sin permitir que el concreto se seque bien. Es probable que, en condiciones de servicio, en estructuras tales como cubiertas de puentes o sobre capas densas en pisos, la zona superficial de concreto se seque bien antes de la exposición a congelación y a causa de la permeabilidad muy baja del concreto de alta densidad, podría no ocurrir nueva saturación.

La resistencia del concreto de alta densidad a la abrasión es muy buena, no sólo a causa de la alta resistencia del concreto, sino también por la buena adherencia del agregado grueso y la matriz, lo que impide el desgaste diferencial de la superficie.

A causa de su alto contenido de cemento, el concreto de alta densidad es sensible a los problemas que surgen por el desarrollo del calor de hidratación del cemento.

III.6.3 Cemento Portland de endurecimiento rápido (Tipo III)

El cemento Tipo III o de endurecimiento rápido como su nombre lo indica, desarrolla resistencia más rápidamente y se deberá, por tanto, describir correctamente como cemento de alta resistencia temprana. La razón de endurecimiento no se deberá de confundir con la razón de fraguado, en efecto, los cementos comunes y los de endurecimiento rápido tienen tiempos de fraguado similares.

El uso del cemento de endurecimiento rápido esta indicado en donde se desea un rápido desarrollo de resistencia, por ejemplo, cuando la cimbra se removerá temprano para nuevo uso, o en donde se requiere suficiente resistencia para construcción adicional tan pronto como sea práctico. El cemento de endurecimiento rápido no es mucho más caro que el cemento ordinario, sin embargo, ya que la rápida ganancia de resistencia significa una alta rapidez de desarrollo de calor, el cemento portland de endurecimiento rápido no se deberá usar en construcción masiva o en grandes secciones estructurales.

Por otro lado, para construcción a bajas temperaturas el uso de cemento con alta rapidez de evolución de calor puede resultar en una protección satisfactoria contra daño temprano por congelación.

Cementos Portland especiales de endurecimiento muy rápido

Existen cementos fabricados especialmente de endurecimiento rápido. Uno de estos, así llamado cemento de ultra alta resistencia temprana. Este tipo de cemento no esta normalizado, sino más bien es abastecido por fabricantes individuales de cemento.

El cemento de ultra alta resistencia temprana se fabrica por medio de la separación de los finos del cemento Portland de endurecimiento rápido. A causa de su alta finura, el cemento de ultra alta resistencia temprana tiene una baja densidad aparente y se deteriora rápidamente al exponerse. La rápida hidratación resultado de su finura, genera gran calor y un rápido desarrollo de resistencia.

El cemento de ultra alta resistencia temprana se ha usado con buen éxito en varias estructuras en donde es de importancia el presfuerzo o la puesta en servicio en forma temprana.

III.7 COLOCACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

Se debe poner especial atención en las juntas de construcción para lograr localizarlas de acuerdo a los planos de construcción.

Una junta de construcción se deberá preparar con equipo de percusión o herramienta manual, de tal manera que el agregado sano sea expuesto por lo menos 6mm. Es aceptable como alternativa utilizar cepillo de millo y/o chorro de agua con aire a presión hasta lograr exponer el agregado limpio, libre de lodo, aceite o cualquier material que afecte la futura unión entre el concreto endurecido y el fresco.

Toda junta de construcción deberá permanecer húmeda como mínimo durante un tiempo de 2 hrs. previas a la colocación del nuevo concreto y no deberá haber nunca agua estancada.

III.8 COMPACTACIÓN DEL CONCRETO FRESCO

La compactación es el proceso de eliminación del aire atrapado del concreto fresco en la cimbra. Para lograr una compactación adecuada de la mezcla, se utiliza el vibrado el cual puede ser manual o mecánico.

Las tres propiedades del concreto que intervienen en su comportamiento durante la vibración son: compactabilidad, movilidad y estabilidad. Estas características se ven afectadas por los cambios en la composición física de la mezcla y pueden determinar hasta que punto se puede lograr una compactación eficaz de las partículas.

Compactabilidad es la capacidad que tiene una mezcla para compactarse adecuadamente, logrando remover el aire atrapado y haciendo que las partículas se ubiquen en un estado más denso.

La movilidad de la mezcla se relaciona con la viscosidad de la pasta, la cohesión y la resistencia al cortante de sus partículas individuales lo cual afecta la fluidez del concreto.

El propósito de vibrar el concreto es movilizarlo lo suficiente para que adquiera la plasticidad que le permita eliminar las burbujas de aire, y haga que las partículas de agregados se unan por gravitación y forman una masa homogénea. Mientras más espesa sea la mezcla y mayor el tamaño de los agregados, mayor será también la energía necesaria para movilizar la pasta.

Mientras menor sea la relación agua/cemento, menor será el factor de trabajabilidad pero al mismo tiempo el concreto compactado ganará más resistencia. Para logra un alto grado de compactación en mezclas poco consistentes se requiere un vibrado eficiente, no solo en cuanto al tipo de vibrador usado, sino también al número de inmersiones realizadas.

CAPÍTULO IV

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS

BASES PARA LAS TORRES

IV. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS BASES PARA LAS TORRES

Objetivo Específico: Describir el proceso constructivo de la cimentación de las bases para las torres tipo 4PR3 y 2NH4 que se utilizaron para esta línea, así como para los casos en donde las torres se ubicaron en cuerpos de agua.

IV.1 ESTRUCTURAS UBICADAS EN SECO

IV.1.1 ANTECEDENTES

Para este tipo de estructuras, se tomó como base la información que se especifica en los manuales normalizados del Instituto de Investigaciones Eléctricas en donde ya han sido estudiadas.

De acuerdo a lo indicado por estos documentos:

"Las estructuras que se encuentren en el rango de peso de las 50 toneladas o superiores, deberán estar cimentadas en sus bases por una pila o zapata aislada de dimensiones ya determinadas por el instituto"

Las estructuras que se encuentran en la mayor parte de la línea, se encuentran dentro de este caso ya normalizado. Por lo que solo son parte de este trabajo, las dimensiones y normas siguientes.

• PERALTE EFECTIVO	2.5 m
• PERALTE INCADO	1.5 m
• PERALTE SOBRESALIENTE	1.0 m
• ANCHO DE LA PILA	2.0 m
• LONGITUD DE LA CORONA	1.0 m
• LONGITUD DEL STUB	2.25 m

De acuerdo a lo estipulado por la CFE y por el IIE, las características de los concretos, rellenos y excavaciones, serán realizadas con la especificación ACI 1995.

IV.1.2 PROCESO CONSTRUCTIVO

Con las características que debieron cumplir las pilas de las bases de las torres ya establecidas, pasaremos a describir el proceso que se siguió en campo para la elaboración de esta obra civil.

Primeramente, se procedió a localizar las mojoneras que identificaron el lugar topográfico de cada estructura, en cada uno de estos sitios se ubicaron los puntos centrales de las bases a 5.61m de distancia del centro de la mojonera.

Posteriormente, se realizó la excavación de la zanja que recibiría la cimentación; de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos, se determinó la existencia de una capa de tierra vegetal de 30 a 35cm de espesor aproximadamente.

Por debajo de ella, se encontró un estrato duro compuesto primordialmente de piedra caliza y lentes de arena sílica, debido al tipo de material existente en el área, se utilizó un martillo neumático para fracturar y excavar en el estrato duro del terreno, para el retiro del producto de la excavación se empleó una retroexcavadora y se depositó dicho material en las márgenes de los caminos de acceso al lugar.

Una vez terminada la excavación, se colocó la plantilla de la pila de aproximadamente 7.5cm de espesor, se preparó el armado de la pila así como el que recibiría al stub de sujeción de la estructura el cual, fue ligado al armado con un ángulo de inclinación de 60°, esta "pata" de la pila, fue colada en conjunto con el resto del cuerpo de la pila para lograr un cuerpo monolítico y resistente a las cargas.

Con el armado listo, se colocó la cimbra de madera y se procedió a colar el concreto premezclado por medio de bombeo o acarreo según lo permitió el acceso al lugar. De acuerdo a las especificaciones señaladas por la SEMARMAP, el INE y la CNA, el concreto realizado en obra para los detalles de construcción, no fue elaborado con agua proveniente de los vasos y cuerpos de agua ubicados alrededor de las estructuras o de la línea en general.

El tiempo de fraguado de este concreto de resistencia $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$, fue estimado en 14 días para alcanzar su resistencia máxima debido a los aditivos que se le incorporaron.

Terminado el período de fraguado del concreto, se retiró la cimbra y se dejó curar durante 8 horas para posteriormente colocar los rellenos, el material que se utilizó para ello se tomó de los bancos de préstamo ubicados en las márgenes de la carretera CANCÚN-VALLADOLID-MÉRIDA.

Antes de entregar las pilas terminadas, se realizaron los muestreos de concreto así como la revisión de los límites de fluencia del acero, tomándose muestras aleatorias a cada 2 toneladas de material y 4 cilindros por cada pila.

Es conveniente mencionar que los desechos producto de los cambios de aceite de motor, aceites hidráulicos y carga de diesel para la maquinaria, fue recuperado, almacenado y posteriormente eliminado fuera de la línea de trabajo de acuerdo con lo estipulado en los convenios hechos con la SEMARNAP del Estado de Quintana Roo.

En los casos donde por negligencia, errores humanos o mecánicos se tenga un derrame de alguno de estos productos, la Secretaría obliga a los contratistas a enterrarlos o cubrirlos de arena para su absorción y posterior recolección y cuando el derrame ocurra en cuerpos de agua, se deberá notificar a las autoridades o en caso posible, recolectar y eliminar dichos productos de estos.

IV.2 ESTRUCTURAS UBICADAS EN CUERPOS DE AGUA (CENOTES)

Debido a que el trazo de la línea pasa por lugares de difícil acceso tales como, depresiones que se encuentran durante la época de lluvias llenos de agua y cenotes que durante la mayor parte del año están por arriba de los 2m de profundidad, el proceso constructivo de las pilas en estos lugares, sufrió una pequeña variación de programación y equipo.

Para la cimentación de estas bases, como primer trabajo se realizó un ademe alrededor de los sitios donde se harían las excavaciones, estos ademes se construyeron con cimbra metálica fijándolos con polines de madera de 4" hincando las cimbras metálicas en el lecho de los cenotes por medio de retroexcavadora.

Una vez que los ademes se encontraron colocados y sujetos, se pusieron en funcionamiento dos bombas de achique de 1.5 HP para abatir el nivel de las aguas que impedían la construcción de las pilas y se procedió a la excavación de las zanjas para colocar los armados y el concreto para la construcción de la pila. Debido a que en la selva del sureste llueve con demasiada frecuencia, su nivel de precipitación sobrepasa los 200mm por lo que el nivel de agua fue constantemente bombeado.

Por lo mencionado en el párrafo anterior, se le adicionó al concreto un acelerante de fraguado y un aditivo impermeabilizante y resistente a los sulfatos ya que estas pilas se encontrarían sumergidas durante la mayor parte del año.

Los requerimientos y demás procesos, son ya similares a los mencionados en el inciso anterior de las estructuras de cimentación en seco, por lo que no es necesario redundar en los mismos conceptos y procesos.

Para algunas estructuras de cimentación (pilas), se requirió que el peralte efectivo y el que se encuentra por fuera de la zanja de cimentación, fueran mucho mayores a los presentados por el IIE, debido a que se encontraban en los vasos formados por los cenotes secos y en casos particulares, en hondonadas que presentaba la topografía del terreno.

Así, en las torres que se encontrarían sumergidas, se determinó que el peralte se compensaría utilizando extensiones en las estructuras de soporte (torres), por lo que algunas de estas, se encuentran por encima de los 50 o 55 m de altura, la torre tipo 2NH4 fue la estructura a la que se le colocó la extensión más grande en toda la línea.

IV.3 CONTROL DE CALIDAD DE LAS CIMENTACIONES DE LAS BASES

Los controles de calidad, fueron supervisados por la residencia de la C.F.E. en Cancún así como por los supervisores de calidad de la empresa contratista.

Para dar como satisfactorio este estudio de control de calidad, se tomaron algunas consideraciones estipuladas tanto por la C.F.E. como por los organismos de protección al ambiente y el gobierno del estado.

Las consideraciones más notables, fueron el cuidado que se tuvo para con los muestreos de concreto y de acero en la construcción de las pilas, la reforestación y relleno de las áreas taladas, así como con los desperdicios propios de la excavación. También se consideró el deterioro de la zona debido a percances tales como, derrames de aceites y diesel, quema de matorrales y pastos y contaminación de los cuerpos de agua.

Los mayores percances que se tuvieron, fueron la deforestación de lugares no usados para la construcción, el mal trato de los desperdicios producto de la excavación, embaces, empaques de herramientas y suministros de la construcción.

CAPÍTULO V

PROCESO CONSTRUCTIVO

DE LAS PLATAFORMAS

PARA LAS SUBESTACIONES

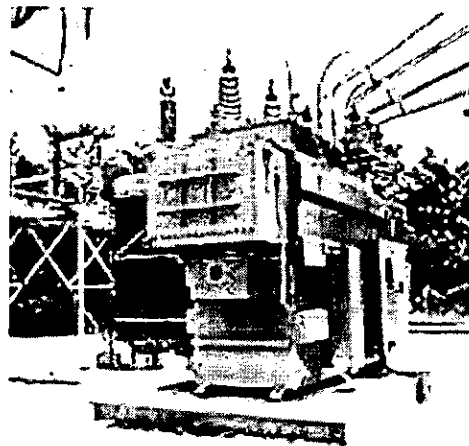
V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS PLATAFORMAS PARA LAS SUBESTACIONES

Objetivo Específico: Describir brevemente los elementos que forman parte de una subestación así como el armado y montaje de cada uno de ellos de acuerdo a las especificaciones de la C.F.E.

V.1. SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Los aprovechamientos hidroeléctricos, se localizan generalmente alejados de los grandes centros de consumo, mientras que las centrales termoeléctricas, se encuentran lo más cercano a los polos de desarrollo. No obstante, ambos requieren su interconexión con otras centrales por medio de subestaciones y líneas de transmisión que permitan proporcionar un servicio de energía de calidad.

Las subestaciones, son instalaciones que manejan y transforman la energía que va desde los puntos de generación hasta los grandes centros de consumo, sufriendo durante este trayecto, varias transformaciones en sus niveles de tensión.



V.1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES

Atendiendo a su ubicación dentro de un sistema eléctrico, las subestaciones se clasifican en:

- **Subestaciones elevadoras.** Se encuentran en las centrales generadoras y aumentan el nivel de la tensión por medio de un transformador.
- **Subestaciones de maniobra o switcheo:** Permiten formar nodos eléctricos y operaciones de conexión y desconexión.
- **Subestaciones reductoras:** Permiten reducir el nivel de tensión de la energía para su utilización industrial y doméstica.
- **Subestaciones de enlace:** Cuando se interconectan a una o varias subestaciones que sirven como respaldo, aumentan en conjunto sus índices de confiabilidad.
- **Subestación radial:** La alimentación proviene de una sola fuente.
- **Subestación en anillo:** Su interconectado es con otra subestación y a su vez están interconectadas entre sí.

En función de los niveles de tensión, las subestaciones se pueden clasificar en:

- ⊙ Subestaciones de extra alta tensión, 400 y 760kV.
- ⊙ Subestaciones de alta tensión, 230kV.
- ⊙ Subestaciones de mediana tensión, 115kV y menores.

V.1.3 DISEÑO DE SUBESTACIONES

El diseño de subestaciones eléctricas, consiste básicamente en la selección adecuada de cada uno de los elementos que la integran así como de su interconexión la cual, se puede conseguir de varias maneras dependiendo de los requerimientos funcionales, considerando para ello los siguientes factores:

- Confiabilidad.
- Continuidad de servicio.
- Flexibilidad en la operación.
- Importancia de la instalación, tensión y potencia instalada.
- Cantidad de equipo eléctrico necesario.
- Facilidad para el mantenimiento.
- Posibilidad para ampliaciones.
- Selección de protecciones para distintas situaciones de operación.
- Costos de inversión.

Confiabilidad. Es el índice de confianza que debe tenerse en la instalación y se relaciona con el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento y la manufactura de los equipos que la integran los cuales, deben desarrollarse con alto grado de control de calidad.

Continuidad de servicio. Se refiere a la seguridad que puede tener el usuario de que el servicio contratado, se proporcione con el menor número de interrupciones y cuya duración, cuando ocurra, sea lo más corta posible.

Para asegurar la continuidad del servicio, se deben considerar las siguientes disposiciones a fin de crear alternativas de solución a las posibles fallas de algún elemento (equipo o conexión) de la subestación, tales como:

- ✍ Tener capacidad de reserva en los bancos de transformación y en las barras, para hacer frente a la posible salida de servicio de cualquier alimentador de línea o banco.
- ✍ Tener un sistema de protección automático, que permita aislar con suficiente rapidez, cualquier elemento fallado de la subestación y de las líneas.
- ✍ Diseñar el sistema, de manera que la falla y desconexión de un elemento, tenga la menor repercusión posible sobre el resto de la subestación.
- ✍ Disponer de fuentes alternas, para hacer frente a una falla en la alimentación normal.
- ✍ Tener los medios para un restablecimiento rápido del servicio, disminuyendo así la duración de las interrupciones.

Flexibilidad. Es el factor que indica hasta donde puede una instalación cambiar sus condiciones normales de operación, ya sea por fallas, por mantenimiento, por modificación o por ampliación, sin afectar o afectando lo menos posible, la continuidad del servicio.

Análisis de costos. La selección de arreglos de alta confiabilidad, continuidad y flexibilidad, significa un mayor costo e inversión inicial.

El análisis de costos, debe contemplar los siguientes aspectos fundamentales: Costo de equipos, costo del terreno, costo del proyecto, costos de obra, costos de operación, costo de mantenimiento, urgencia de la instalación y vida útil de los equipos (factores de depreciación).

V.2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO PRINCIPAL

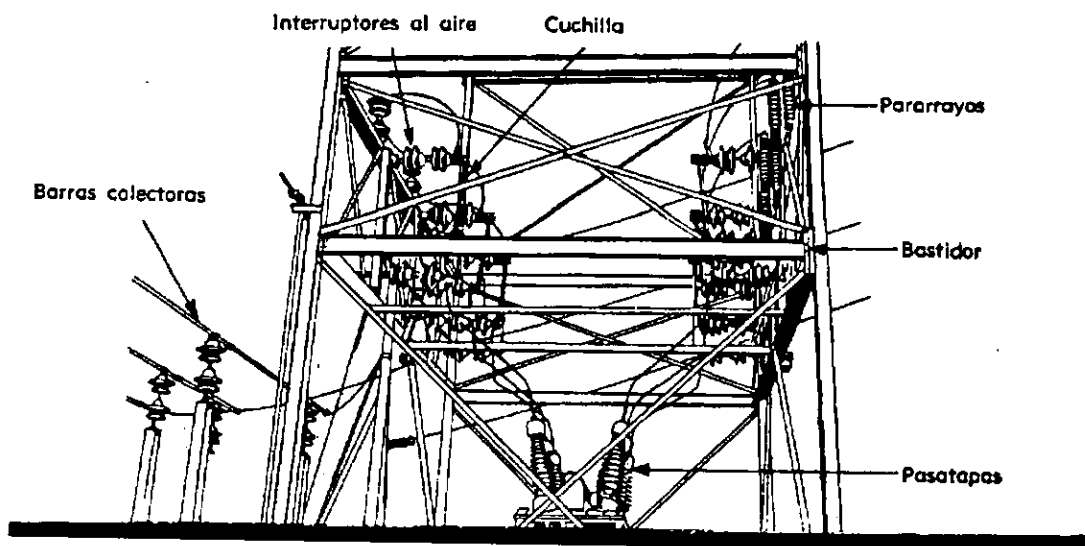
- a. Transformadores de potencia.
- b. Interruptores de potencia
- c. Cuchillas desconectadoras
- d. Transformadores de instrumentos
- e. Apartarrayos

El transformador de potencia. Es el aparato más importante en una subestación y sirve para transformar o cambiar el nivel de tensión de la potencia instalada: 430/230, 230/115, 115/13.8 kilovolts y 13,800/220-127 volts, que es el valor de tensión de utilización doméstica y comercial.

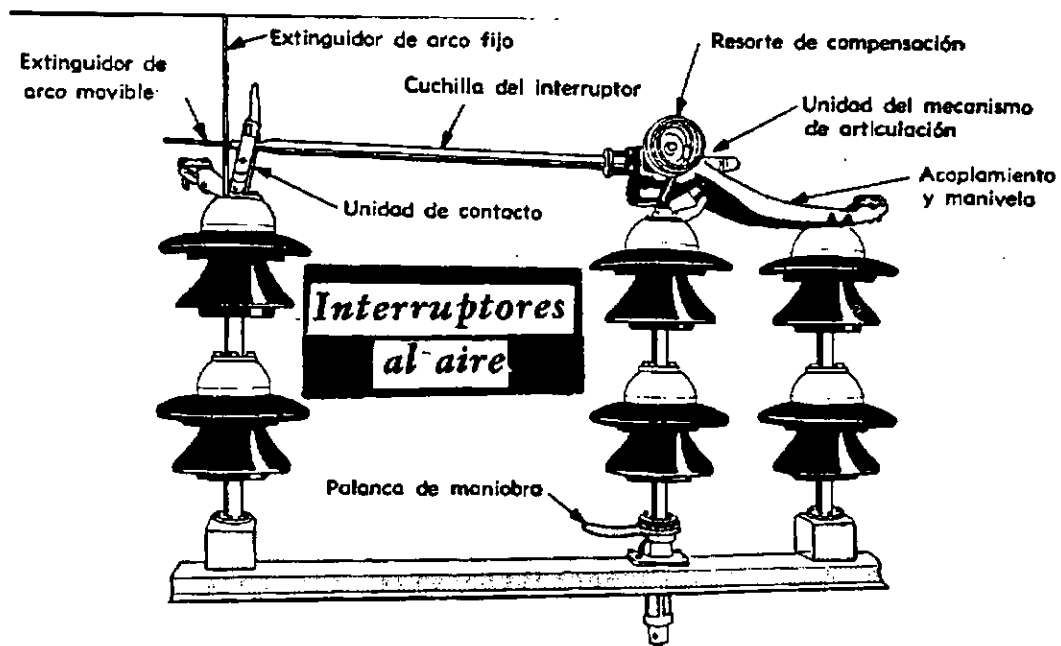
La energía eléctrica, se genera por razones técnica-económicas en 13,800 volts, para su transformación, se eleva de 13,800 a 115,000, 230,000 ó 400,000 volts para recorrer grandes distancias y poder transmitir grandes bloques de energía; sin embargo a este nivel de tensión, la energía no se puede comercializar y por ello, cuando llega a los centros de consumo la energía o potencia eléctrica se debe nuevamente transformar a niveles menores requeridos por los usuarios.

Interruptores de potencia. Estos aparatos, sirven para desconectar en forma inmediata y automática o bien accionados por un operador, circuitos bajo condiciones de falla, evitando que contaminen la parte sana de la instalación.

Cuchillas desconectoras. Al igual que los interruptores, las cuchillas desconectoras sirven para conectar y desconectar circuitos sin carga y no deben operar en casos de falla. Además, aíslan circuitos del resto de la instalación ya sea para revisión o mantenimiento.

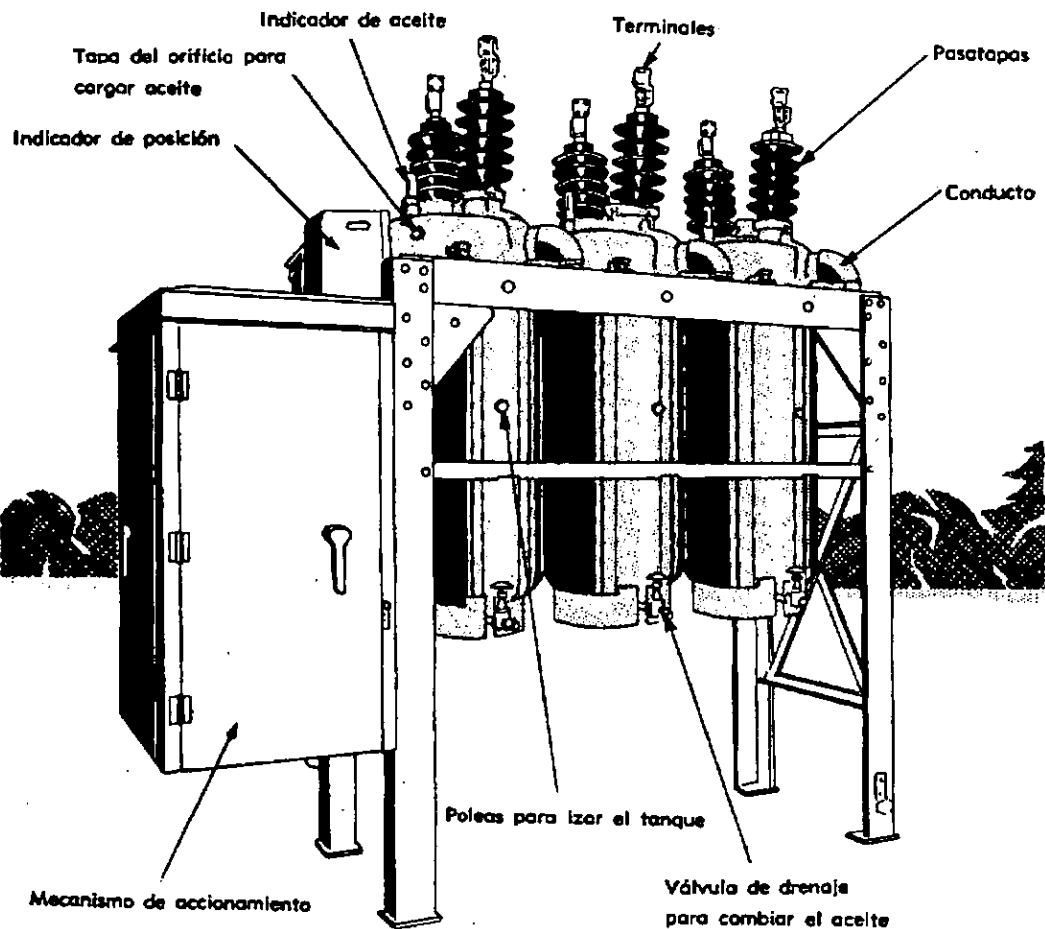


Interruptores al aire, montados sobre el bastidor de una subestación.



Transformadores de instrumentos. Los transformadores de instrumentos, sirven para reducir la tensión primaria de la instalación a tensiones o corrientes manejables en su lado secundario. Se utilizan para conectar a ellos aparatos de medición y protección. La medición, permite detectar la energía que se recibe y la que se consume; los aparatos de protección, reciben señales que utilizan a su vez para vigilar que los parámetros de corriente y tensión se mantengan en rangos previamente establecidos y de no ser así, mandar la desconexión de los circuitos que fallan.

Apartarrayos. Las instalaciones eléctricas, como cualquier tipo de instalación en intemperie están sujetas a descargas atmosféricas o rayos, sin embargo, en las subestaciones por estar interconectadas por grandes líneas de transmisión, existe mayor probabilidad de que lleguen a ellas descargas originadas en otros puntos diferentes a su ubicación, por lo que estas instalaciones se protegen a la entrada de las líneas contra descargas atmosféricas por medio de apartarrayos. Estos aparatos sirven para drenar a tierra las sobretensiones y altas corrientes que acompañan a estos fenómenos.



Disyuntor en aceite de una subestación. El disyuntor es un aparato que abre y cierra automáticamente un circuito eléctrico.

V.3 ESPECIFICACIONES C.F.E. PARA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

V.3.1 CASETAS Y EDIFICIOS

DESCRIPCIÓN

Las casetas y edificios, son las edificaciones donde se alojan las subestaciones Metal Clad, SF6, tableros de control, de protección, medición y de servicios propios, baterías, cargadores, oficinas, comedor, vestíbulo, bodega y sanitarios. En su construcción, se deben utilizar los materiales que se indiquen en el proyecto.

V.3.2 OBRA ELECTROMECAÁNICA

MONTAJE DE ESTRUCTURAS MAYORES Y MENORES

DESCRIPCIÓN

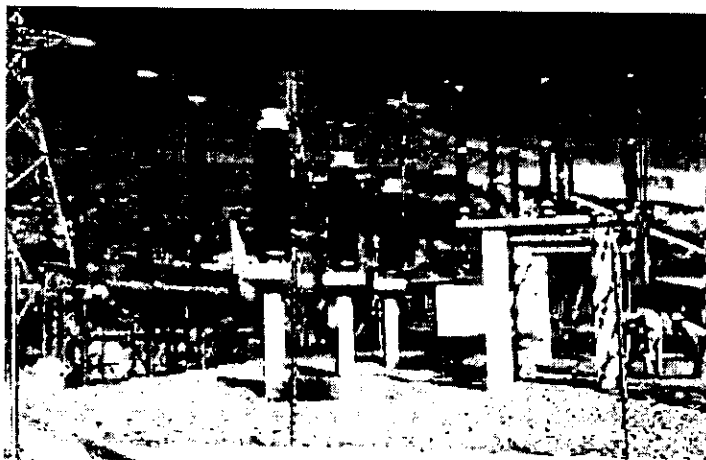
Se entenderá por estructuras mayores, las columnas y traveses que soportan los buses aéreos para su conexión con los diferentes equipos y, por estructuras menores, aquellas que soportan interruptores de potencia, cuchillas desconectadoras, transformadores de instrumento (TC's, TPI's y TPC's), apartarrayos, trampas de onda, aisladores soporte, así como buses de terciario y otros.

EJECUCIÓN

Una vez que se reciben y clasifican todos los elementos, con las cimentaciones terminadas, se procederá al armado y montaje de las estructuras con el equipo y métodos adecuados que garanticen la correcta ejecución del trabajo.

Si la CFE observa defectos en el prearmado o montaje de alguna parte de las estructuras, el Contratista deberá realizar las correcciones necesarias hasta dejarlas instaladas a satisfacción. En ningún caso se admitirá la instalación de elementos forzados o deformados.

Cuando se detecten daños en los elementos, ya sea en su maquinado o galvanizado y no sea posible su corrección, el Constructor deberá adquirir a su costo los nuevos elementos.



MONTAJE, TENDIDO Y CONECTADO DE BUSES

DESCRIPCIÓN

Se entenderá por montaje, tendido y conectado de buses a los trabajos para instalar los aisladores de suspensión y tipo poste, herrajes, accesorios, cables conductores, guarda y tubos conductores que formen las canalizaciones de las distintas áreas de voltaje que componen la Subestación.

DISPOSICIONES

En la presentación del presupuesto, se analizarán por separado las siguientes actividades por área de voltaje: Montaje de cadena de aisladores de suspensión y tipo poste, tendido y tensado de cable conductor y guarda, tendido de tubo conductor y colocación de herrajes y puentes para determinar el precio unitario único por metro lineal de cable y/o tubo conductor instalado debiéndose incluir en este precio, las bajadas a equipo y las conexiones de cable y/o tubo entre equipo eléctrico primario (puente entre equipo). La medición se considerará entre centros de trabes.

El Constructor deberá cuidar que el cable conductor no permanezca tendido sin enclemar más de 72 horas.

EJECUCIÓN

En la instalación de puentes, se vigilará que guarde la distancia a tierra y a fase indicados en los planos de proyecto.

El constructor deberá contar con equipo apropiado para este tipo de trabajo.

Durante el transporte y tendido de cable conductor y tubos, el Constructor debe tener cuidado de no provocar deterioros, evitando se tenga contacto con el suelo.

No se permitirán empalmes en cables conductores. En el caso de tubos, se distribuirá en tal forma que el empalme no quede en el centro del claro.

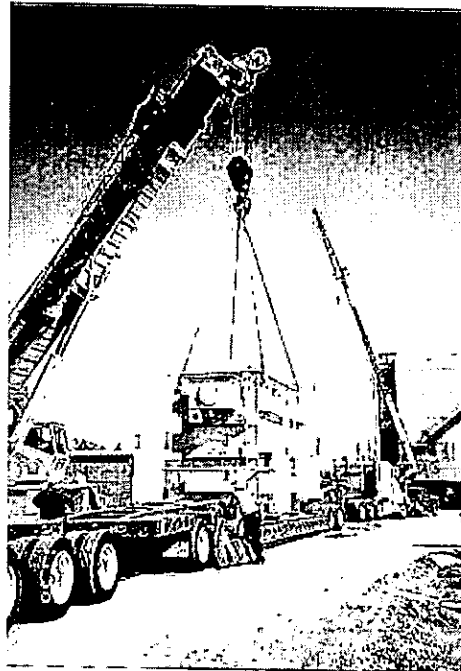
El constructor deberá tensionar usando el método de medición directa de flechas; verificando con dinamómetros comprobados de acuerdo a tablas de flechas y tensiones calculadas por él.

Las cadenas y columnas de aisladores, tendrán la disposición y número de piezas que indiquen los planos de proyecto.

En la tornillería de los conectores y accesorios, deberán comprobarse su ajuste con torquímetro o herramienta similar para evitar que queden flojos.

Se vigilará que los herrajes y aisladores que lleven chavetas, estén bien colocadas y se evite su desprendimiento por los efectos de vibraciones.

MONTAJE DE TRANSFORMADORES Y REACTORES DE POTENCIA



DESCRIPCIÓN

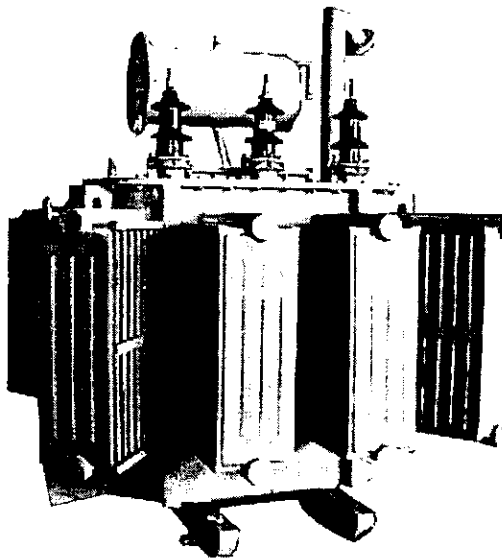
Esta especificación de montaje se aplicará a transformadores, autotransformadores y reactores sumergidos en aceite, servicio intemperie, autoenfriado y/o enfriamiento forzado para 60 Hz, 55°C – 60°C de elevación de temperatura, monofásicos y trifásicos desde 9MVA y mayores para operarse en tensiones de 69 kV y mayores.

DISPOSICIONES

El equipo y material que se montará en este concepto y que será suministrado por la Comisión en sus almacenes de acopio, será recibido por el Contratista, el cual será responsable de su manejo y montaje, obligándose a reponer a entera satisfacción de la Comisión, todos los daños o pérdidas.

En la presentación del presupuesto, se analizarán por separado las siguientes actividades por cada banco de transformadores, autotransformadores o reactores que tenga la Subestación y se integrará a un solo precio unitario por banco.

- ♪ Revisión interior.
- ♪ Maniobras para su colocación .
- ♪ Montaje de boquillas, radiadores, tanque, gabinetes de control y accesorios.
- ♪ Tratamiento preliminar de alto vacío.
- ♪ Tratamiento de secado del aislamiento.
- ♪ Llenado de aceite.
- ♪ Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado.
- ♪ Fijación de los gabinetes centralizadores de control y de cambiador de derivaciones.
- ♪ Conexión del transformador al gabinete de control local y conexión a buses (la conexión de cables de control y fuerza de los gabinetes locales a los gabinetes centralizadores, se considerará dentro del concepto "Tendido y Conectado de Cable de Control").



EJECUCIÓN

Los transformadores de potencia de alta tensión y grandes capacidades, son empacados en fábrica para facilitar su transporte, sin aceite aislante, accesorios separados y en algunos casos en secciones modulares. Para la preservación de los aislamientos y evitar la entrada de humedad a los mismos, durante su transporte el tanque se llena con nitrógeno o aire seco a presión positiva.

El contratista al recibir el transformador para su instalación, deberá efectuar una minuciosa inspección exterior con el objeto de verificar que no haya signos de daños externos; se revisarán las condiciones de presión, contenido de oxígeno y punto de rocío del nitrógeno o aire seco según el caso.

Al iniciar el armado del transformador, se revisará internamente para verificar y/o confirmar si no tiene daños; esta revisión consistirá en lo siguiente:

- ⌘ Antes de iniciar la revisión interna, se tomarán precauciones para evitar riesgos de sofocación o contaminación por gas, para ello se deberá desalojar con bomba de vacío y substituir con aire seco; si la presión del gas es "CERO" o "NEGATIVO", y el contenido de oxígeno y punto de rocío son mayores que los esperados, existe la posibilidad de que los aislamientos del transformador estén contaminados con aire y humedad de la atmósfera, por lo cual será necesario someter el transformador a un riguroso proceso de secado después de su armado.
- ⌘ El transformador no se deberá abrir en circunstancias que permitan la entrada de humedad (días lluviosos); no se dejará abierto por tiempo prolongado, sino el tiempo estrictamente necesario, para lo cual se considera suficientemente dos horas como máximo.
- ⌘ Para prevenir la entrada de humedad al abrir el transformador, se debe realizar un llenado que cubra las bobinas con aceite aislante desgasificado y deshidratado a una temperatura de 30°C, calentando núcleo y bobinas para reducir la posibilidad de condensación de humedad. Para mayor seguridad de este llenado preliminar, puede hacerse utilizando el método de alto vacío.
- ⌘ Se debe evitar que objetos extraños caigan o queden dentro del transformador, las herramientas que usen deberán ser amarradas al tanque con cintas de algodón mientras se estén montando o checando las conexiones.

Las actividades más relevantes que se realizarán en la revisión interna serán las siguientes:

- ✧ Verificación minuciosa sobre la sujeción del núcleo y bobinas así como posible desplazamiento.
- ✧ Checar el número de conexiones a tierra del núcleo; revisando su conexión y probando su resistencia a tierra.
- ✧ Inspección visual de terminales, barreras entre fases, estructuras y soportes aislantes, conexiones y conectores.
- ✧ Revisar los cambiadores de derivaciones, verificando contactos y presión de los mismo en cada posición.
- ✧ Checar los transformadores de corriente y terminales de boquillas, verificando sus partes y conexiones.
- ✧ Revisar que no haya vestigios de humedad, polvo, partículas metálicas o cualquier material extraño y ajeno al transformador.

Cualquier daño detectado durante la revisión interna, será reportado al "SUPERVISOR", quien ordenará lo procedente.

Las partes que vienen separadas del transformador deben estar selladas con tapas provisionales, las que se irán quitando paulatinamente durante el proceso de armado. El montaje se realizará con base en las instrucciones de cada fabricante, tomando en cuenta las precauciones indicadas en estas especificaciones sobre el contenido de oxígeno y llenado preliminar. Si los trabajos internos se prolongan más de un día, el transformador debe sellarse y presurizarse al terminar la jornada.

El manejo e instalación de boquillas, se debe hacer siempre en posición vertical asegurándose que estén limpias y secas; se requiere tomar precauciones especiales durante su montaje para evitar roturas o daños de la porcelana; asimismo, se someterán a pruebas de aislamiento antes de montarse.

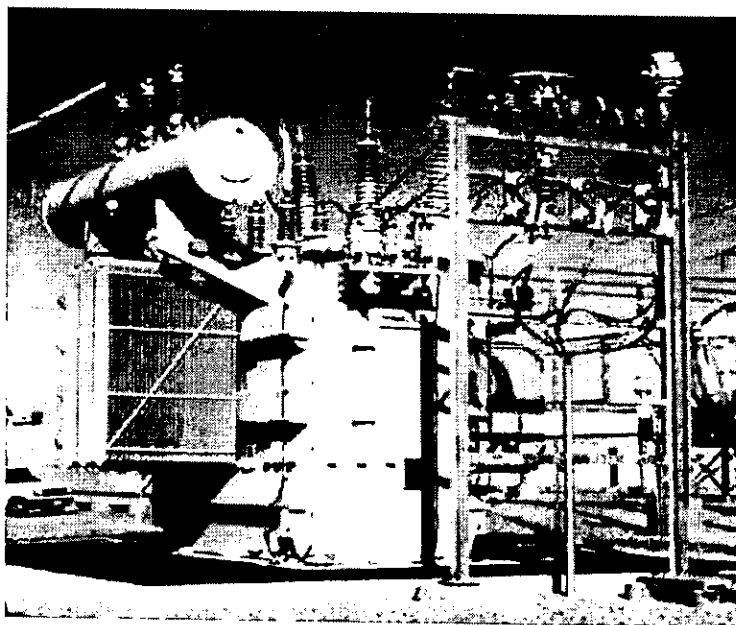
Antes de instalar los radiadores, deben levantarse perfectamente con aceite limpio y caliente (25-35°C), lo mismo se hará con el tanque conservador, tuberías y válvulas de aceite, debiendo aplicar exteriormente una mano de pintura para acabado altos sólidos, color verde listón.

Los empaques de corcho-neopreno que se usan para el montaje de los accesorios, deben estar limpios así como las superficies y alojamiento; su montaje se hará con precaución, comprimiéndolos uniformemente para garantizar un sello perfecto.

Todas las conexiones eléctricas, deben limpiarse cuidadosamente antes de soldarse o unirse a conectores mecánicos; se deben confirmar las operaciones de nivel, flujo y temperatura antes de sellar el tanque.

Una vez terminado el armado del transformador y sellado perfectamente, se debe probar su hermeticidad, presurizándolo con aire o nitrógeno seco a una presión de 0.7kg/cm^2 . Para verificar que no existen fugas, se debe explorar con aplicación de jabonadura en todas las uniones con soldadura, juntas y empaques; si existen fugas, se deben corregir antes de proceder a su secado o llenado definitivo.

Antes del llenado definitivo con su aceite aislante, el transformador se someterá a un tratamiento preliminar con alto vacío para eliminar la humedad que pudiera haber absorbido durante las maniobras de revisión interna y armado; para efectuar el alto vacío deben aislarse y sellarse el tanque conservador, radiadores, tuberías y accesorios.



El alto vacío debe alcanzar una presión absoluta de 1mmHg ; en estas condiciones se mantendrá durante 12 horas, mas 1 hora adicional por cada 8 horas que el transformador haya permanecido abierto y expuesto durante su inspección y armado.

La terminación del alto vacío se romperá introduciendo aire o nitrógeno ultraseco hasta lograr una presión de 5lb/plg^2 dentro del transformador, manteniéndolo en estas condiciones durante 24 horas para alcanzar un equilibrio entre el gas y los aislantes. Después se efectuarán mediciones de punto de rocío del gas, determinando la humedad residual de los aislantes, utilizando para ello los procedimientos adecuados.

Con el fin de eliminar en los aislamientos la humedad y los gases, el transformador se debe someter a un tratamiento de secado que permita restaurar sus características óptimas de rigidez dieléctrica y vida térmica en sus aislamientos; para tal fin, se podrán aplicar cualquiera de los siguientes procedimientos de secado dependiendo del tipo y tamaño de transformador, del contenido de humedad y de los medios que se dispongan para efectuar el secado.

Tipos de secado:

- ⊗ Secado con alto vacío y calor continuo.
- ⊗ Secado con alto vacío y calor cíclicos.
- ⊗ Secado con alto vacío y continuo.
- ⊗ Secado con aire caliente.
- ⊗ Secado con aceite caliente.

El equipo para secado de los transformadores al alto vacío, debe ser proporcionado por el Contratista incluyendo las válvulas, bolsa para aceite y accesorios para su conexión. Una vez seco el transformador y terminado de su armado, se procederá al llenado con aceite aislante para cubrir núcleo y devanados.

El aceite que se use para el llenado definitivo del transformador, debe ser un aceite deshidratado y degasificado, con un contenido de agua de 10 p.p.m. (un contenido de 0.25%) para transformadores de 230 kV y 400 kV; el resto de las pruebas del agente, tanto químicas como eléctricas estarán dentro de los límites de especificaciones de un aceite nuevo. Ver la tabla de la siguiente página.

Para el llenado de aceite, el transformador tiene que ser previamente vaciado hasta lograr el máximo vacío posible dentro del mismo y mantener este vacío del orden de 1 a 2mmHg durante todo el proceso de llenado.

Para prevenir descargas electrostáticas debidas a la circulación del aceite aislante, todas las terminales externas del transformador, su tanque, tuberías y equipo de tratamiento, se conectarán sólidamente a tierra durante el llenado.

El aceite debe ser calentado a 20°C, preferentemente a temperatura mayor a la del ambiente y se introducirá en el tanque a una altura sobre el núcleo y bobinas por un punto opuesto a la toma de succión de la bomba de vacío, de tal manera que el chorro del aceite, no pegue directamente sobre aislamientos de papel. La admisión debe ser controlada por medio de válvulas para controlar su flujo y conservar una presión positiva; la velocidad de llenado debe ser controlada para evitar burbujas atrapadas en los aislamientos, permitiéndose una velocidad de 100 litros por minuto o aumento de presión de 10mmHg dentro del tanque.

TABLA No. 1

ESPECIFICACIONES DE ACEITE AISLANTE NUEVO NO INHIBIDO

1.	Apariencia Visual	Brillante sin sólidos en suspensión y transparente
2.	Densidad Relativa 20/4°C	0.84 a 0.88
3.	Viscosidad Cinemática a 40°C	Máx. 10.4 x 10 ⁻⁶ m ² /s
4.	Tensión Interfacial a 25 " 1°C	Min. 0.04 N/m
5.	Temperatura de Inflamación a 101.3kPa	Min. 145°C
6.	Color	Máx. 1
7.	Temperatura de Escurrimiento	Máx - 26°C
8.	Número de Neutralización	Máx. 0.03 mg KOH/g aceite
9.	Cloruros y Sulfatos	Negativo
10.	Azufre Corrosivo	No corrosivo
11.	Azufre Total	Máx. 0.10% en masa
12.	Carbonos Aromáticos	8 -12 % en masa
13.	Contenido de Inhibidor	Negativo
14.	Contenido Bifenilos Policlorados (Askarel)	No detectable
15.	Estabilidad a la Oxidación (para 72 horas): Lodos Números de Neutralización	Máx. 0.15% en masa Máx. 0.5 mg KOH/g aceite
16.	Estabilidad a la Oxidación (para 164 horas) Lodos Número de Neutralización	Máx. 0.3% en masa Máx 0.6mg KOH/g aceite
17.	Tensión de Ruptura Dieléctrica Electrodos planos (2.54mm): Electrodos semiesféricos (1.02mm)	Min. 30kV Min. 20 kV
18.	Factor de Potencia a 60Hz A 25°C A 100°C	Máx. 0.05% Máx. 0.3%

En una sola operación de llenado, se debe alcanzar a cubrir el núcleo y devanado; si por alguna razón se interrumpe el proceso, se deberá vaciar el transformador y reiniciar el llenado. Para transformadores con sistemas de previsión de aceite con nitrógeno, el llenado se continuará hasta el nivel indicado como norma y para sistemas de tanque conservador, tan arriba como sea posible.

Una vez terminado el llenado del transformador sobre el espacio libre, se mantendrán las condiciones de vacío durante 3 ó 4 horas más, antes de romper el vacío con aire o nitrógeno seco hasta tener una presión de 5lb/pulg², con objeto de expulsar al exterior a través de la bomba de vacío, las burbujas de agua o gas provocadas por el propio vacío obtenido durante el llenado.

Finalmente, el aceite se debe recircular a través de la planta de tratamiento durante 8 horas continuas, o un equivalente a dos veces el volumen total del aceite del transformador con objeto de eliminar la humedad residual y gases sueltos; durante este proceso se deben mantener operando las bombas de aceite, al terminar esta operación se dejará el transformador en reposo por un mínimo de 24 horas para efectuar las pruebas y verificaciones.

Las pruebas y verificaciones deben ser ejecutadas por el Contratista y son las siguientes:

- ☞ Prueba de resistencia de aislamiento de cada uno de los devanados a tierra y entre devanados.
- ☞ Prueba de factor de potencia de cada devanado a tierra y entre devanados.
- ☞ Prueba de factor de potencia a todas las boquillas equipadas con TAP de pruebas o TAP capacitativo.
- ☞ Prueba de relación de transformación en todas las derivaciones.
- ☞ Medición de resistencia ohmica en todos los devanados, utilizando un puente doble de KELVIN.
- ☞ Pruebas de rigidez dieléctrica, factor de potencia, resistividad, tensión interfaseal y acidez del aceite aislante.
- ☞ Pruebas de contenido de agua y contenido total de gases de aceite aislante.
- ☞ Verificación de operación de los dispositivos, indicadores y de control de temperatura del aceite y punto caliente.
- ☞ Verificación de operación de los equipos auxiliares, como son bombas de aceite, ventiladores e indicadores de flujo.
- ☞ Verificación de alarmas y dispositivos para protección propia del transformador, así como los esquemas de protección diferencial y de respaldo.
- ☞ Antes de montar los radiadores y accesorios a la superficie exterior del tanque, se aplicará una mano de pintura para el acabado alto sólidos, color verde listón claro.

MONTAJE DE INTERRUPTORES DE POTENCIA

DESCRIPCIÓN

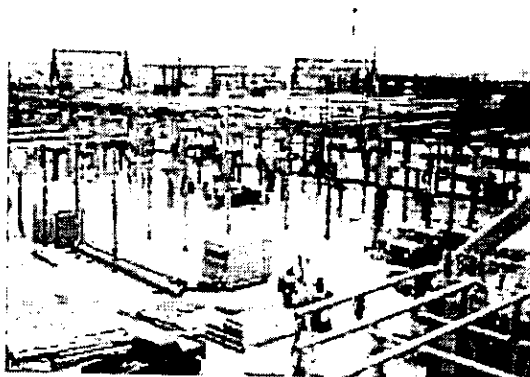
Esta especificación de montaje se aplicará a interruptores de potencia para servicio intemperie, autocontenidos, trifásicos para tensiones nominales de sistemas desde 13.8kV hasta 400kV, para frecuencia nominal de 60Hz, con medio de extinción en gas, aceite o vacío.

Se entenderá por interruptor trifásico, al conjunto de tres unidades de interrupción que podrán estar integradas en una sola estructura o bien constituido por tres interruptores monofásicos que operarán en un sistema trifásico.

DISPOSICIONES

En las presentación del presupuesto, se analizarán por separado las siguientes actividades por juego de interruptor trifásico y por voltaje, integrándose en un solo precio unitario para cada juego de interruptor trifásico.

- + Maniobras y traslado al sitio de montaje.
- + Montaje y nivelación de bancadas y bases.
- + Montaje de aisladores y accesorios.
- + Tratamiento y llenado de aceite e introducción de gas con la utilización de la maquinaria y accesorios especializados para tal efecto.
- + Colocación e interconexión entre gabinetes del interruptor.
- + Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en tanques, bases y gabinetes locales.



EJECUCIÓN

El contratista al recibir los interruptores, los revisará minuciosamente para verificar que no haya señas de daños externos.

Los interruptores se deben recibir de fábrica, empacados de tal forma que se facilite su transporte e identificación, para hacer el montaje en obra con rapidez.

Normalmente los interruptores se empacan con las siguientes partes:

- Bases o bancadas, armario de mando, tanques o cámaras, interruptores de arco eléctrico, boquillas o columnas de aisladores y accesorios.
- Las cajas en que vienen empacados los interruptores se abrirán ordenadamente en función al proceso de montaje.

Para el montaje de las piezas es imprescindible contar con un aparato de elevación adecuado a los pesos y características de las piezas por montar, operación que se debe apegar a las condiciones del fabricante.

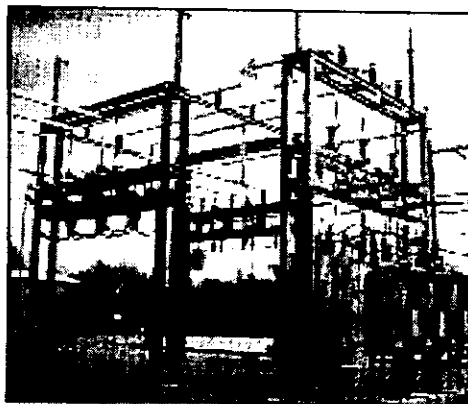
Se tendrá cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, en tal forma que la porcelana y los accesorios no se dañen.

En el caso de los gabinetes de control, si el montaje se prolonga por mucho tiempo y las condiciones climáticas son desfavorables, se deben almacenar adecuadamente, conectando la calefacción del armario de mando.

El montaje se debe ajustar a lo indicado en los planos e instructivos y el personal encargado de ejecutar los ensambles debe ser especializado.

Los empaques de corcho neopreno y en general todos los sellos que se utilicen en el montaje de los accesorios, deben estar limpios así como las superficies en donde se asienten; su colocación se hará con mucha precaución comprimiéndolos uniformemente para garantizar su hermeticidad.

Las conexiones eléctricas deben limpiarse perfectamente antes de soldarse o unirse a los conectores.



MONTAJE DE CUCHILLAS DE POTENCIA

DESCRIPCIÓN

Estas especificaciones se aplicarán a cuchillas de apertura vertical u horizontal para servicio intemperie, autosoportadas, trifásicas, con y sin puesta a tierra, para tensiones nominales de sistemas desde 13.8kV hasta 400kV, para frecuencia nominal de 60Hz.

Se entenderá por cuchillas trifásicas, al conjunto de tres unidades monopolares (con y sin puesta a tierra) que operarán simultáneamente en un sistema trifásico.

DISPOSICIONES

Se analizarán por separado las siguientes actividades, por juego de cuchillas trifásicas y por voltaje, integrándose en un solo precio unitario por juego de cuchillas.

- ✿ Almacenaje y control de piezas.
- ✿ Maniobras y traslado al sitio de montaje.
- ✿ Adaptaciones necesarias para fijar los equipos a la estructura o base (barrenos, soldadura y cortes).
- ✿ Montaje y nivelación de bancadas o bases.
- ✿ Montaje de aisladores y accesorios.
- ✿ Calibración y ajuste de navajas.
- ✿ Colocación de gabinetes locales.
- ✿ Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en bases y gabinete local.
- ✿ Ajustes para la operación de las cuchillas según manual.

EJECUCIÓN

Las cuchillas deben llegar empacadas de fábrica en tal forma que se facilite su identificación, transporte y montaje; el Constructor al recibirlas revisará minuciosamente su contenido y verificará que no tengan daños externos.

Para el montaje de las piezas, se debe disponer de equipo adecuado a los pesos y características de las piezas por montar; apegándose estrictamente a los planos e instructivos.

Se debe tener especial cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, de tal forma que la porcelana y los accionamientos no se dañen.

Cuando el montaje se prolongue y las condiciones climatológicas sean desfavorables, los gabinetes de control se deben almacenar adecuadamente, protegiéndolos contra la humedad o contra cualquier otra causa que provoque su deterioro.

El personal del montaje debe estar especializado en este tipo de trabajo.

Las conexiones eléctricas se limpiarán antes de soldarse o unirse a los conectores.

Las pruebas y verificaciones del funcionamiento indicado en los planos e instructivos deben ser ejecutados por el Contratista.

MONTAJE DE EQUIPO MENOR

Dentro de este concepto se considera la colocación y conexión de los apartarrayos, aisladores, soporte tipo columna, transformadores de corriente, trampas de onda, dispositivos y transformadores de potencial; monofásicos, tipo pedestal para servicios intermedia y tensiones nominales desde 13.8kV hasta 400kV, para frecuencia nominal de 60Hz.

DISPOSICIONES

En el caso de que no se instalen de inmediato, el Contratista los mantendrá en su empaque original y los debe proteger para evitar daños a la porcelana.

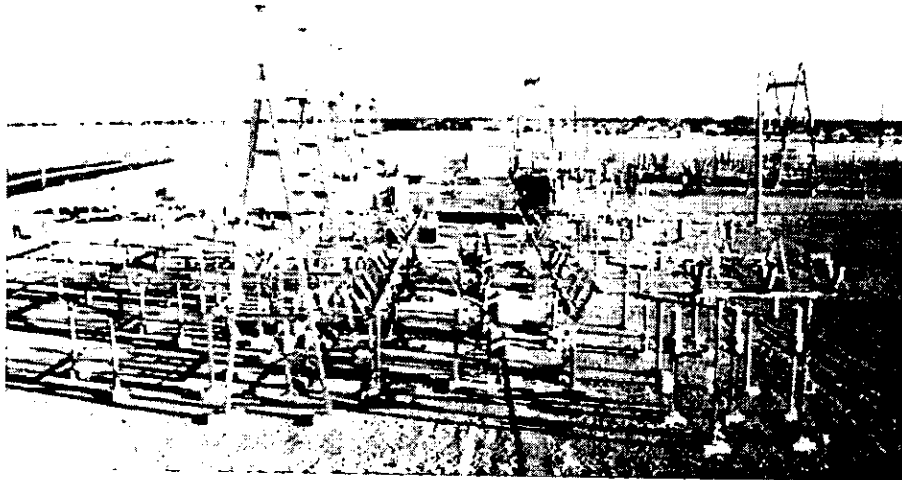
En la presentación del presupuesto, debe analizarse un precio unitario promedio por pieza en cada tipo de voltaje para aplicarse a todo el equipo menor de esta área, debiendo considerar el Contratista el suministro del gabinete centralizador de interconexión de transformadores de potencial y de corriente, cuya especificación deberá solicitar a la CFE.

EJECUCIÓN

El Contratista al recibir el equipo, lo debe revisar inmediatamente para verificar que no presente daños externos.

Para el montaje de las piezas, se requiere contar con equipo adecuado, tomando en cuenta el peso y las características para garantizar un buen contacto.

Las pruebas y verificaciones primarias indicadas en los planos e instrumentos, deben ser ejecutadas por el Contratista.



MONTAJE DE TABLEROS DE CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDICIÓN

DESCRIPCIÓN

Se entiende por "TABLERO DE CONTROL", al gabinete que contiene los aparatos que registran, miden y controlan las funciones eléctricas de todos los equipos instalados en la subestación.

EJECUCIÓN

El tablero debe llegar ensamblado y alambrado de fábrica; el Contratista lo montará y nivelará en el sitio indicado, fijándolo a las anclas de acuerdo a los planos de proyecto.

MONTAJE DE TABLEROS DE SERVICIOS PROPIOS

DESCRIPCIÓN

Se entenderá por "TABLEROS DE SERVICIOS PROPIOS" a los centros de carga para corriente alterna y corriente directa, que se montarán en la caseta de control. Estos centros de carga controlarán y distribuirán los circuitos que requiera a la Subestación, para el alumbrado y servicio de emergencia eléctrica en general, en sistemas de 440/220/127VCA, 250/125/48/12 VCD.

EJECUCIÓN

El contratista los debe montar en el sitio indicado, fijando los anclajes; asimismo efectuará las interconexiones entre el tablero de corriente directa, tablero de corriente alterna y tablero de control. Debe identificar y conectar los circuitos de los tableros de corriente directa y alterna de acuerdo a las indicaciones en los planos de proyecto.

MONTAJE DE BANCOS Y CARGADORES DE BATERIAS

DESCRIPCIÓN

En las subestaciones de potencia, se requieren fuentes de corriente directa para satisfacer las necesidades de protección, medición y alumbrado de emergencia.

De acuerdo con la capacidad y características de la subestación, se diseñan los bancos de baterías que pueden ser del tipo plomo-ácido o alcalino, y según las capacidades de los bancos de baterías, se determinan los cargadores para mantener un voltaje adecuado.

EJECUCIÓN

El contratista debe armar y colocar en su sitio los elementos que formen la estructura para soportar el banco, de acuerdo con la disposición mostrada en los planos. Una vez terminado el montaje de la estructura que soportará al banco de baterías, se sujetará con sus pernos de anclaje y se aplicarán 3 manos de pintura anticorrosiva.

Posteriormente, se colocan las baterías sobre la estructura y se conectan sus terminales como lo indiquen los planos.

El equipo cargador de baterías se montará en los soportes, fijándolo con sus pernos de anclaje.

Una vez terminado el montaje del banco y del equipo cargador de baterías, se alambrarán entre sí.

A continuación se describen las pruebas que la CFE ejecutará a los bancos de baterías plom-ácido, para su puesta en servicio una vez terminado el montaje y conectado del banco al cargador de baterías:

- ☛ Llenar las pilas con el electrolito hasta el nivel indicado.
- ☛ Revisar todas las conexiones, asegurándose que los agujeros de ventilación para el escape de gas y los tapones de las celdas no se encuentren obstruidos.
- ☛ Se aplicará al banco una carga de igualación y se tomarán lecturas de voltaje durante la carga.
- ☛ Se inicia la carga de igualación con un voltaje de 2.33 V.P.C. (VOLT POR CELDA); si la corriente suministrada por el cargador es mayor de su capacidad o mayor a la del régimen de carga a 8 horas, se baja el voltaje de la igualación para controlar la corriente aumentando el voltaje de acuerdo a como disminuya la corriente.
- ☛ Después de las primeras tres horas de igualación, se debe asegurar que las celdas gasifiquen libremente y en igual proporción; si alguna de ellas gasifica, significa que puede tener un corto circuito interno; en este tiempo, se checan y registran las densidades a 25°C.
- ☛ Cuando dos lecturas de densidad y voltaje sucesivas no cambien, se continuará la carga por 8 horas más, para que el banco tome su carga de refresco.

- ☛ Como valores por celda se consideran los siguientes: Voltaje de igualación 2.33 V y densidad 1,200-1,220 puntos. Se entiende que estos valores de voltaje por celda son leídos en los extremos del banco; la temperatura de las celdas será entre 15°C y 26°C, con una diferencia no mayor de 2°C entre celda.
- ☛ Poco antes de terminar la carga de igualación, se registran los voltajes de cada una de las celdas del banco así como el voltaje en terminales; la suma de voltajes por celda no debe ser diferente al voltaje en terminales por más de 0.05 volts en bancos de 60 celdas.
- ☛ A continuación se pone el banco en carga de flotación y 20 minutos después, se toman lecturas de densidad corregidas por temperatura en cada una de las celdas y se registra en el control correspondiente.
- ☛ La corriente de carga para el banco en flotación debe ser entre 50 a 100 miliamperes por cada 100 amperes-hora de capacidad del banco.

Precauciones que se deben tomar durante la carga de igualación:

- ☒ Durante la carga igualadora, las celdas no pueden absorber toda la energía que se les proporciona, de tal forma que esta energía sobrante disocia el agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno. Con carga completa, la cantidad de hidrógeno liberado es aproximadamente de 28 decímetros cúbicos por celda, por cada 63 ampere-horas de carga.
- ☒ Dado que un contenido de 4% de hidrógeno en el aire es explosivo, no se permite en el cuarto de baterías llamas abiertas de cualquier clase, además se deben tomar precauciones de tener la ventilación adecuada para impedir la acumulación de hidrógeno.
- ☒ En caso de baterías plomo-ácido, se llenará con el electrolito en el momento de que se ejecuten las pruebas de "Puesta en Servicio".
- ☒ Los registros de lecturas de densidad deben siempre corregirse a 15°C; resta un punto de densidad por cada 1.50°C abajo de 25°C.
- ☒ Las lecturas de los voltajes por celda al final de la carga de igualación, deben hacerse con un voltímetro de precisión y registrar hasta la centésima de Volt.
- ☒ Las lecturas de voltaje al final de la carga de igualación, deben compararse con las de referencia; la diferencia entre la celda de voltaje mayor y menor debe ser igual a la referencia; si no es así, debe verificarse el voltaje de igualación para observar si es el mismo que el de referencia, o bien, las celdas no han completado su carga.

- ☒ Una semana después de haberse hecho la carga de igualación completa, se ejecutan las pruebas de capacidad. Para efectuar esta prueba, se requiere de resistencias variables adecuadas para descargar las celdas al régimen de corriente y voltaje del banco, y así verificar realmente su capacidad en ampere-horas; por lo que se aplicará una prueba de capacidad total que consiste en: aplicar una descarga a régimen de 3 horas hasta su mínima tensión permitida de 1.75 volts por celda. La corriente de descarga se fija al valor de la gráfica del fabricante a su régimen de 3 horas.

Descripción de la Prueba:

- a. Instalar un dispositivo de resistencia variable con un voltímetro y un amperímetro, en previsión de que la carga debe ser variada para mantener una corriente constante igual a la de régimen de descarga seleccionada; en caso de que la corriente no pueda ser ajustada a un valor constante, regístrese los valores de corriente cada 10 minutos y grafíquese para determinar el valor medio de corriente; si este valor es diferente al seleccionado, debe considerarse para corregir la capacidad calculada. Conviene que la desviación no sea más de 10%.
- b. Desconectar el cargador de baterías.
- c. Conecte la carga al banco de baterías, empiece a contar el tiempo y mantenga la corriente al valor correcto.
- d. Mantenga la carga del banco de baterías hasta obtener un valor de voltaje en terminales de 1.75 por el número de celdas (anotar el tiempo transcurrido "TA").
- e. Registre los voltajes individuales de cada celda en sus postes y el voltaje total en terminales del banco. Estas lecturas se tomarán al principio de la prueba, entre intervalos durante la prueba, y al final de la misma.
- f. Si alguna celda llegara a invertir su polaridad, pero el voltaje en terminales no llega a alcanzar todavía al límite de voltaje inferior del banco, se pondrá en corto circuito la celda invertida y se continuará la prueba. El nuevo voltaje mínimo en terminales se determinará por el número de celdas que queden trabajando multiplicado por 1.5.
- g. Finalmente, se determina la capacidad del banco de baterías de acuerdo a lo siguiente:

$$TA / Ts \times K = \% \text{ de capacidad a } 25^{\circ}\text{C}$$

Donde:

TA = tiempo real de duración de la prueba.

Ts = tiempo de régimen de descarga.

K = factor de corrección de capacidad por temperatura.

La capacidad del banco deberá estar arriba del 80% para considerarse confiable. Si el banco resulta satisfactorio, se llevará a sus condiciones iniciales, aplicándole el procedimiento de carga de igualación y se dejará en flotación de servicio.

V.3.3 TENDIDO Y CONECTADO DE CABLE DE CONTROL

DESCRIPCIÓN

Se entiende por "CABLE DE CONTROL", a los conductores que unen los gabinetes de los equipos que se montarán en la parte exterior de la Subestación, con los instrumentos y aparatos que se localicen en los tableros de control, ubicados en las "CASETAS DE CONTROL".

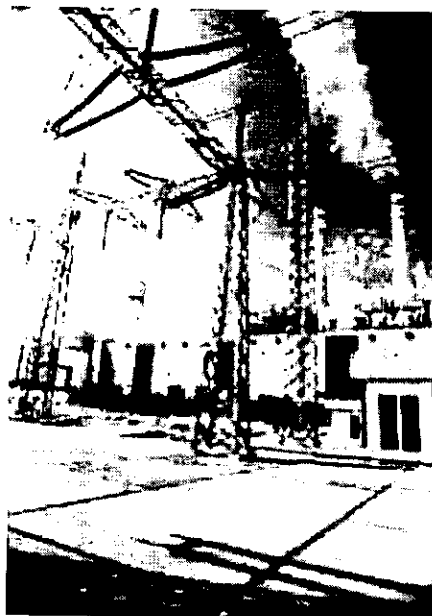
Los conductores vienen integrados en cables y se componen de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 12 conductores por cable, están aislados con polietileno y a su vez, el cable está protegido exteriormente con neopreno para un aislamiento de 600 volts.

EJECUCIÓN

El contratista colocará los cables sobre los soportes localizados en las trincheras, siguiendo la trayectoria indicada en los planos de proyecto. Durante el tendido, se formarán capas de cables uniéndolos a los soportes de las trincheras con cáñamo para evitar su caída, teniendo cuidado de no dañar el neopreno de estos.

Una vez tendido el cable, el contratista lo debe conectar en gabinetes de tablillas de interconexión, a las tablillas de los tableros de control y/o servicios propios, y a gabinetes de control de los equipos de acuerdo a las listas de cables.

Todos los cables después de tendidos se identificarán con los listones o placas colocadas en los extremos de cada cable, de acuerdo a la lista de cableado. Los cables deben ser de una sola pieza y en el caso de que se requieran empalmar, se solicitará la autorización.



V.3.4 INSTALACIÓN DE FUERZA Y ALUMBRADO EXTERIOR

DESCRIPCIÓN

Las Subestaciones de Potencia son de tipo Intemperie, por lo que se requieren instalaciones para alumbrado exterior.

En este concepto, se ejecutarán todos los trabajos necesarios para instalar los equipos y materiales que requieran estos servicios, ajustándose a los planos de proyecto correspondiente.

DISPOSICIONES

Quedan dentro del suministro, las unidades de iluminación, el cable de fuerza para el tablero de alumbrado y/o de servicios propios, así como el cable para el alumbrado. También se proporcionarán los postes, pedestales, tubos conduit, condulets, interruptores de seguridad, contactos, tableros de alumbrado y accesorios necesarios para la instalación del alumbrado exterior y su adecuado funcionamiento, incluyendo el dirigido hacia el exterior de las instalaciones.

EJECUCIÓN

Las instalaciones serán visibles, tipo industrial a prueba de intemperie; los ductos para los conductores deben ser de tubería conduit, galvanizado con diámetro mínimo de 19mm y protección en todas las uniones de rosca; la tubería se instalará sólidamente por medio de abrazaderas, siguiendo las trayectorias indicadas en los planos de proyecto.

Los conductores serán de los calibres y características indicadas en los planos y las uniones entre conductores serán soldadas.

Las unidades de iluminación se instalarán en la disposición y orientación indicadas en los planos. Los postes y pedestales se montarán previendo los agentes atmosféricos que puedan destruir o dañar las unidades de iluminación.

V.3.5 COLOCACIÓN DEL SISTEMA DE TIERRAS

DESCRIPCIÓN

Los sistemas de Potencia están expuestos a fenómenos que provocan fallas en los aislamientos y daños al equipo.

La forma más eficaz para reducir estas causas, es un sistema adecuado de conexión a tierra, al que se conectarán las estructuras y equipos de la Subestación.

El sistema de tierras, consiste en una cuadrícula de conductores de cobre enterrados y conectados entre sí y a varillas Copper Weld, así como a electrodos localizados en la periferia de la cuadrícula. En algunos puntos de la cuadrícula, las varillas Copper Weld irán alojadas en registros que permitan hacer lecturas al sistema de tierras.

Al ocurrir un disturbio atmosférico, un buen sistema de tierras reduce los voltajes peligrosos, limita las elevaciones de potencial a tierra, permite operar satisfactoriamente

los relevadores, facilita la localización de fallas, ahorra costos de equipos y mantiene niveles adecuados de aislamiento.

DISPOSICIONES

Cada Subestación puede prestar características diferentes que determinarán sistemas de tierras particulares.

El contratista debe suministrar e instalar el cable de cobre, varillas Copper Weld, conectores, fundentes, moldes, soluciones y materiales (bentonita, carbón, etc.) para los electrodos de acuerdo a lo indicado en los planos de proyecto. Los materiales y mano de obra deben incluirse en el precio unitario.

EJECUCIÓN

Para el tendido del conductor, se debe trazar la cuadrícula efectuando una excavación de 50cm de profundidad y el ancho que permita colocar el cable. Posteriormente, se debe iniciar el tendido de cable, instalación de conectores e hincado de varillas Copper Weld.

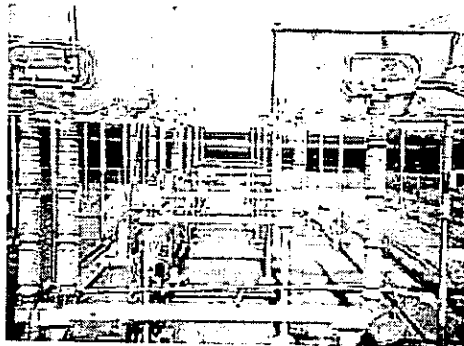
Las uniones de los conductores con las varillas deberán garantizar la firmeza en su contacto, como se indica en los planos de proyecto.

La fabricación de los registros y sus tapas se deben ajustar a lo indicado en los planos de proyecto.

El hincado de varillas se ejecutará a golpeo en terreno blando y por medio de perforación en terreno semiduro o duro; la varilla debe quedar firmemente enterrada para evitar falsos contactos.

La colocación de electrodos prefabricados para la formación de la red de tierras, se procederá de acuerdo al orden siguiente:

- Se hincan las varillas en los sitios indicados.
- Se excava una zanja, circular a la varilla de 50cm de profundidad por 30cm de ancho.
- La zanja se rellena con una solución de sulfato de magnesio, de cobre o sal de roca con un espesor de 20cm y el resto se cubrirá con material producto de excavación.



V.4 DETERMINACIÓN DEL DISEÑO OPTIMO DE LOSAS DE PISO TIPO MONOLÍTICO PARA LA SUJECION DEL EQUIPO

En este caso, el equipo a considerar será solamente lo referente a tableros de control y distribución.

SUBBASE. Cuando se usa un pavimento rígido, se refiere a una capa sumamente delgada de materiales seleccionados o especificados de un espesor prescrito, colocada entre la subrasante y el pavimento rígido con el propósito de mejorar la superficie de soporte.

LOSA. Para fines de diseño, es una parte monolítica de un pavimento de concreto, limitada por juntas o bordes dentro de la cual es posible la continuidad del esfuerzo de tensión en el concreto.

V.5 JUNTAS DE PISO

NOTAS GENERALES

- ✍ Para manejo y control del concreto, se deberán consultar las especificaciones referentes al Concreto de Cemento Portland.
- ✍ Las dimensiones están en centímetros, excepto las indicadas.
- ✍ Las resistencias mínimas del concreto a los 28 días en pisos industriales, deberán ser las siguientes:
 - Para carga viva menor de 4 ton/m²
 - ✓ Modulo de ruptura $MR = 35 \text{ Kg/cm}^2$ (Resistencia a la flexión).
 - ✓ Resistencia a la compresión $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$.
 - Para carga viva mayor de 4 ton/ m²
 - ✓ Modulo de ruptura $MR = 45 \text{ Kg/cm}^2$
 - ✓ Resistencia a la compresión $f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$
- ✍ El espesor mínimo de las losas será de 15cm y dependerá del tipo de trabajo y del equipo a que esté expuesta la losa. El espesor y armado de la losa, se indicarán en los planos correspondientes.
- ✍ En todos los pisos, deberá usarse un aditivo que será densificador, plastificante y retardador del fraguado inicial del concreto, que permita un buen acabado en la superficie del concreto, reduzca las grietas del fraguado y ayude a la aplicación del endurecedor metálico. La proporción del mismo dependerá de los resultados que arrojen las pruebas del laboratorio, tomando en cuenta los agregados, la temperatura del medio ambiente del lugar, el revenimiento requerido y la resistencia especificada para el concreto.

- ≠ El endurecedor metálico para pisos industriales deberá ser de las características siguientes:
 - ✓ Debe ser un agregado metálico combinado con agentes dispersantes, el cual debe formar una superficie fuerte y dúctil, que evite la desintegración progresiva y el levantamiento de polvo y además, aumente la conductividad del piso de concreto.
 - ✓ La proporción estará en función del tipo de tránsito.

- ≠ La colocación del concreto deberá ser con un revenimiento máximo de 8cm vibrándose adecuadamente .

- ≠ No se deberá aceptar ningún concreto que exceda en su revenimiento del máximo especificado.

- ≠ El sello indicado en la junta de expansión, será un material que reúna las siguientes características:
 - ✓ En pavimentos que no estén expuestos a solventes derivados del petróleo, se usará como sello un compuesto bituminoso que tenga un alto contenido de hule y el cual, deberá mantener su elasticidad a temperaturas bajas y no derretirse a temperaturas de 50°.
 - ✓ Las juntas de contracción, no deberían sellarse salvo en casos que se indique lo contrario en los planos, o bien cuando los pisos se encuentren en continuo contacto con el agua u otros líquidos.

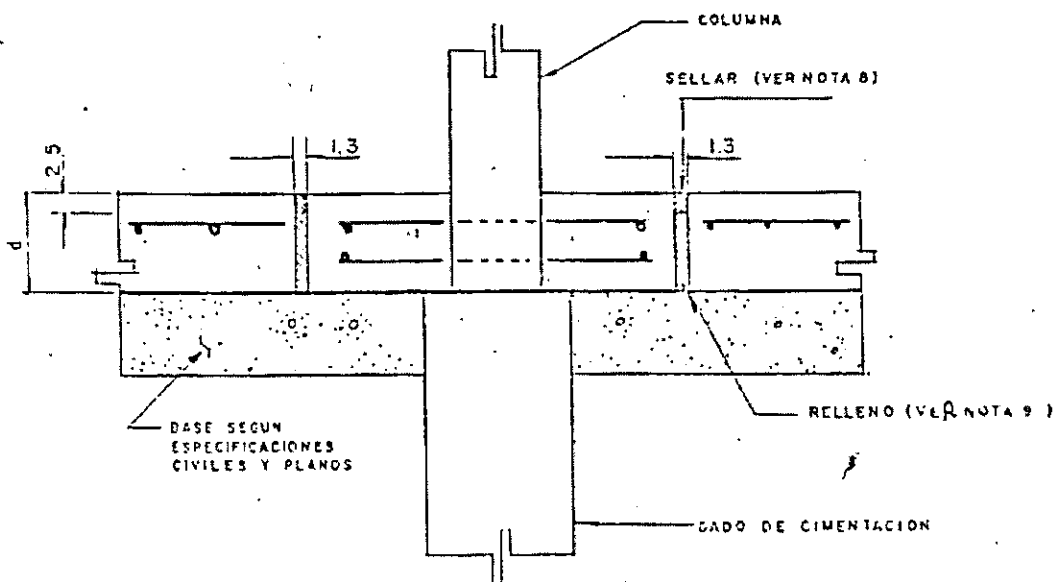
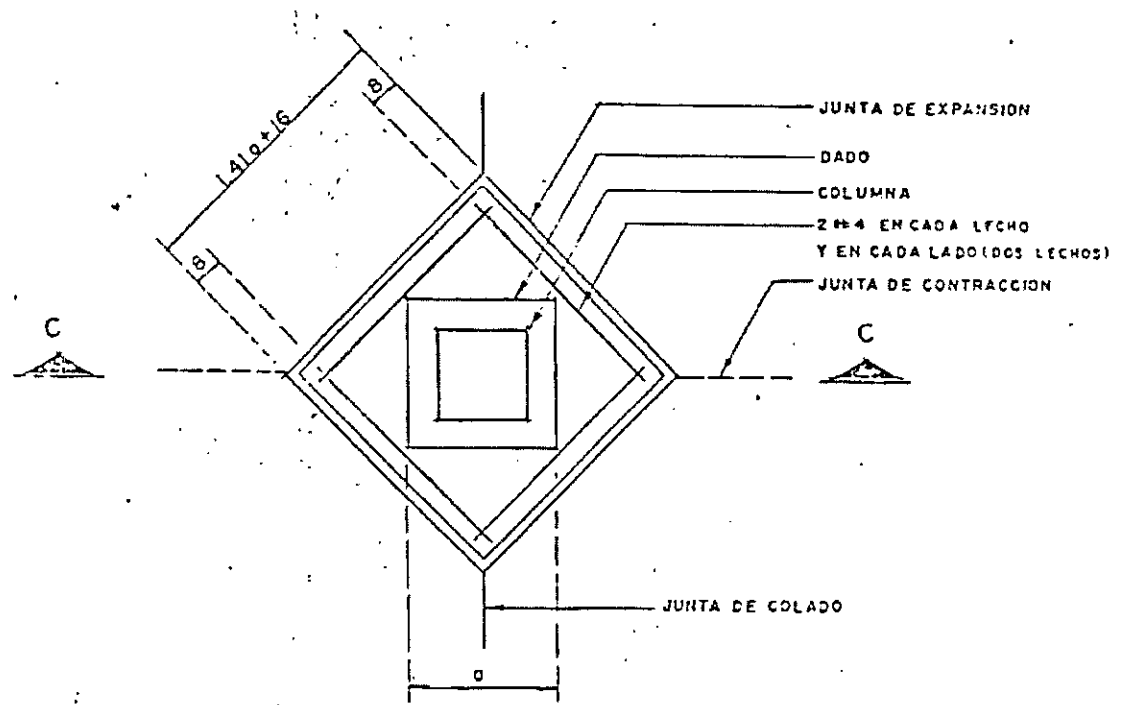
- ≠ El relleno indicado en las juntas de expansión, se hará con tiras de material de celulosa, impregnadas con asfalto formando un cojín altamente comprimible e impermeable que sirva de sostén y base a los selladores elásticos.

- ≠ Las juntas de colado se localizarán a cada 75m como máximo, o bien donde se encuentren juntas de construcción. En este caso, se entiende por juntas de construcción aquella que independiza en su cimentación a dos cuerpos de un edificio.

- ≠ Otras juntas de expansión, serán las de colindancia con:
 - ✓ Bases de equipo y columnas.
 - ✓ Muros.
 - ✓ Con otros pavimentos.

A continuación, se adjuntan detalles de juntas en pisos y de contracción.

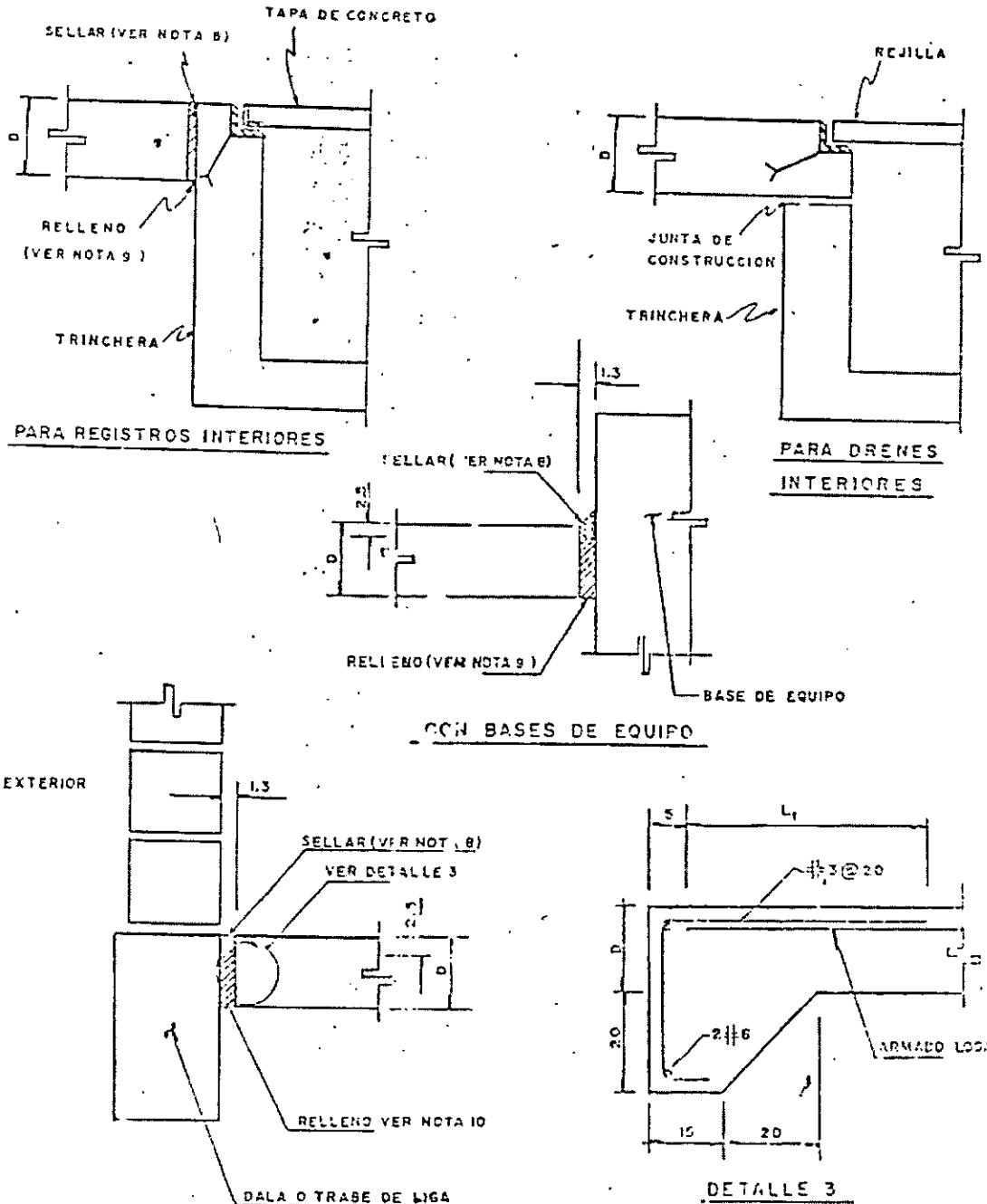
JUNTAS EN PISO



JUNTA DE EXPANSIÓN EN COLINDANCIA CON COLUMNAS DE CONCRETO

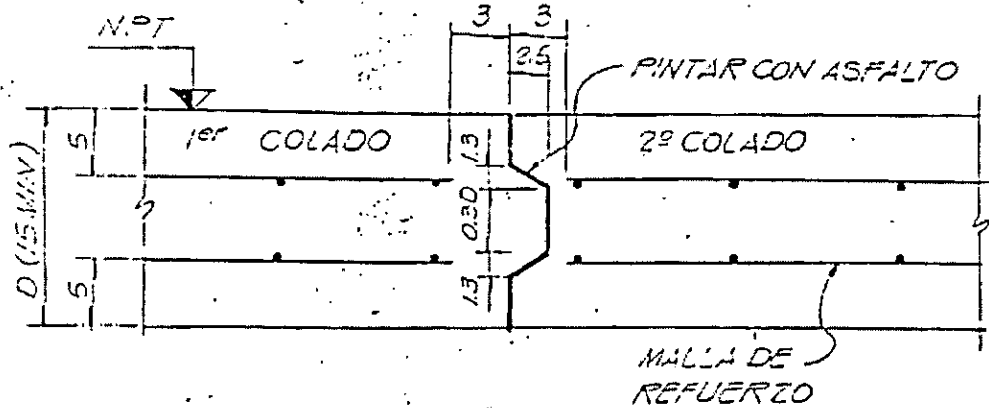
CORTE C-C

JUNTAS EN PISOS

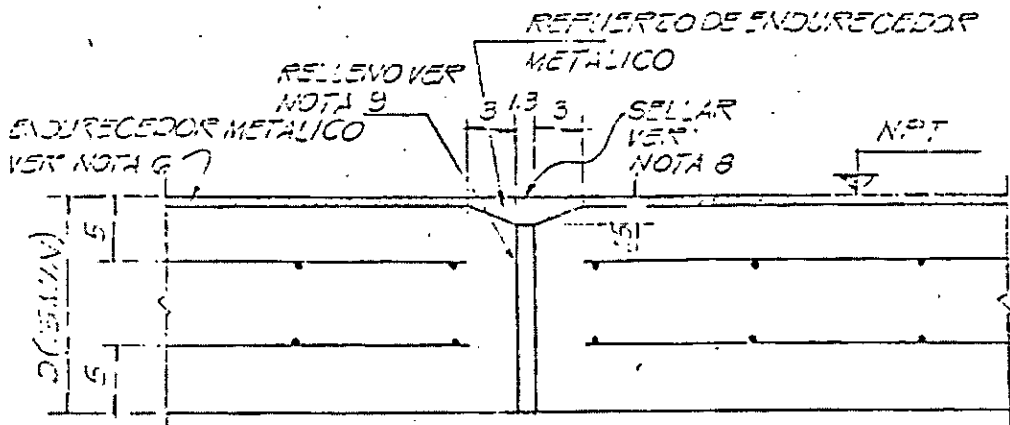


SE USA EN LOSAS DE
DIMENSIONES MÍNIMAS DE
10 m POR LADO

JUNTAS DE PISO



JUNTA DE COLADO LATERAL (A TOPE)



JUNTA DE CONSTRUCCIÓN O EXPANSIÓN

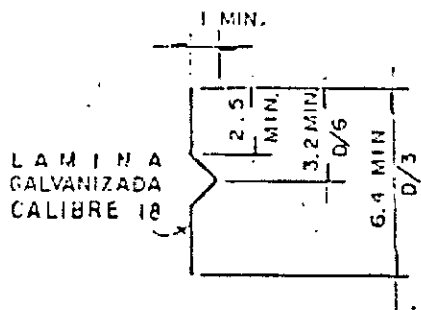
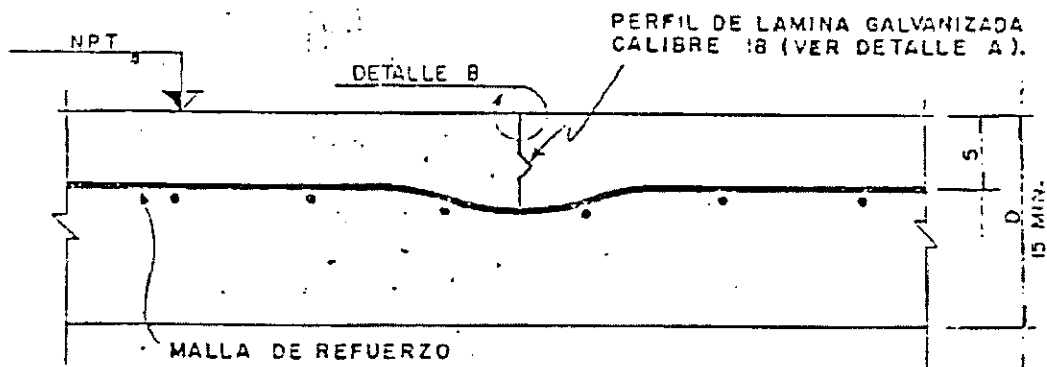
NOTA: LA LOSA SERÁ CON O SIN ENDURECEDOR METÁLICO SEGÚN PLANOS Y ESPECIFICACIONES CIVILES.

JUNTA DE CONTRACCIÓN

DETALLE B

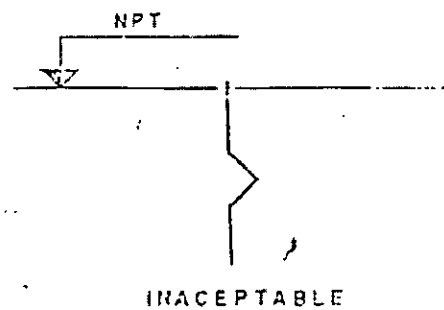
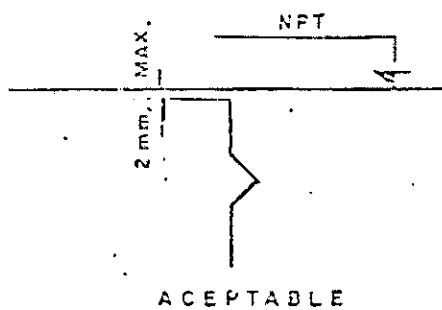
NOTAS:

1. CUALQUIER SALIENTE, DEL PERFIL DE LAMINA, SOBRE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO SE DEBERA PULIR.
2. CUANDO SE USE COMO REFUERZO MALLA DE ACERO ELECTRO SOLDADA, ESTA DEBERA TRASLAPARSE EN SUS EXTREMOS UN CUADRO COMO MÍNIMO.



DETALLE A

NOTA: LOS TRAMOS SUCESIVOS DE LAMINA DEBERAN COLOCARSE ALINEADOS, A TOPE Y A RAS DE NPT



V.6 PROTOTIPO DE LOSA AMORTIGUABLE PARA RECIBIR EL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

Esta losa consistente en su diseño en su capacidad de distribución de esfuerzos debidos a las cargas del equipo en cuestión (y las accidentales, en este caso de sismo), además del espesor de la misma en la mayoría de los casos establecida por las anclas de sujeción del equipo, también el escalón que guarda con respecto a la losa del piso adyacente y con una junta de expansión a todo su alrededor.

El acero de refuerzo en la mayor parte de los casos, se coloca el mínimo por flexión en ambas caras (lechos superior e inferior) y en las caras laterales mediante unas "u" de amarre con los aceros inferior y superior.

Finalmente esta losa deberá ser capaz de distribuir los esfuerzos debidos a las cargas, de manera que estos esfuerzos no excedan al valor permisible de diseño en el concreto.

V.6.1 DETERMINACIÓN DEL $f'c$ PARA CADA TIPO DE CONCRETO EN TODOS LOS ELEMENTOS

Existe una diversidad de tablas para ejemplificar tipos de concreto, su resistencia varía de acuerdo con las calidades de los agregados: arena y grava ya que el cemento es un material estándar, en este caso tenemos una tabla tomada del libro " MATERIALES Y PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN" Tomo 1, de la U. " LA SALLE" 1974.

TIPO	RESISTENCIA $f'c$ Kg/cm ²	USO O APLICACIÓN
A	100	Plantillas y concreto burdo para cimentaciones.
B	150	Para cimentaciones y muros de contención.
C	200	Para pavimentos, losas, muros de concreto y estructuras en general.
D	250	Para edificios, losas y traveses de grandes claros, muros de concreto, tanques, etc.
E	300	Para edificios y estructuras especiales.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

CAPÍTULO VI

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS

PRINCIPALES EQUIPOS

VI. BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS

Objetivo específico: Describir brevemente algunos elementos importantes en la L.T. como herrajes, aisladores y cables conductores.

VI.1 EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

GENERADORES DE ENERGÍA

De acuerdo con la fuente de generación, tenemos los siguientes tipos:

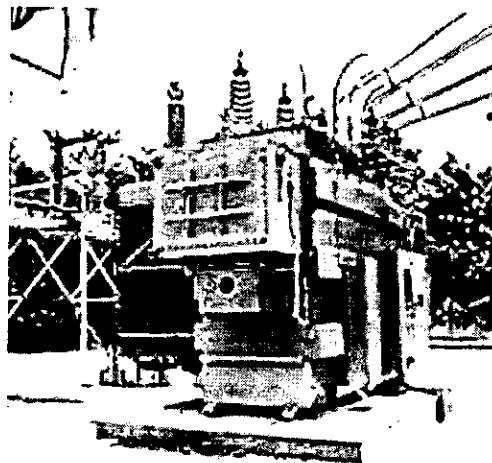
- Turbinas en Centrales Hidroeléctricas.
- Turbogenerador en Centrales Termoeléctricas, Carbo-eléctricas, Central Dual, Geotermo-eléctricas y núcleo-eléctricas.
- Generador en Centrales Eolo-eléctricas.

VI.2 EQUIPOS DE TRANSFORMACIÓN

Para poder transmitir la energía eléctrica de las centrales generadoras a los lugares de consumo, es necesario el empleo de los equipos de transformación.

Estos permiten primeramente que la energía eléctrica que se genera por razones técnico-económicas a 13,800 volts, se eleve a 115,000, 230,000 o 400,000 volts para recorrer grandes distancias y poder transmitir grandes bloques de energía.

Al llegar a los centros de consumo, este nivel de tensión de potencia instalada debe reducirse para ser comercializado y cubrir con los requerimientos de los usuarios: 430/230, 230/115, 115/13.8 kilovolts y 13,800/220-127 volts que es el valor de tensión de utilización doméstica y comercial.



Existen transformadores de tipo seco, los cuales pueden ser suministrados con devanados en aluminio o en cobre, el primero de ellos es el recomendado como estándar, en el los núcleos de los transformadores son formados por aceros al silicio con granos orientados, la construcción cruciforme de cada columna se acerca a la forma del círculo de la bobina para disminuir aún más las pérdidas del núcleo.

Los soportes son firmes y elásticos para permitir la expansión de los componentes bajo carga; abrazaderas reforzadas aseguran el núcleo con pernos pasantes y mediante el uso de canales de acero reforzados y angulares, aseguran un brazado uniforme y niveles más bajos de ruido.

También tenemos los transformadores de aceite que están diseñados para coordinar con las Subestaciones Unitarias y tienen capacidades hasta de 2,500 kVA (3 fases). El aceite utilizado WEMCO R[®]C[®], es un estándar en la industria y es una excelente alternativa para aplicaciones exteriores, las secciones de entrada y salida de las Subestaciones Unitarias pueden suministrarse con gabinetes NEMA 3R. También se tiene disponible silicona, fluido resistente a la flama cuando se requiere.

El núcleo de los transformadores en aceite se construye con materiales y métodos utilizados en los transformadores secos, con la diferencia que en los transformadores en aceite, la forma del núcleo y los arrollamientos es rectangular, lo cual provee robustez y dimensiones compactas.

El proceso utilizado en el aislamiento, produce la formación de vínculos en los devanados que evitan desplazamientos durante operación y bajo esfuerzos por corto circuito. Los estabilizadores químicos con los cuales se trata el aislamiento, permiten que el transformador con Insuldur (aislamiento en papel) opere con 12% mas carga (55/65°). El aislamiento DuraBIL (epóxico), utilizado en los conductores de los devanados, es resistente, flexible e inerte. No se degrada ni contamina el transformador con humedad.

VI.2.1 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

El transformador de distribución permite disminuir la tensión de la línea primaria hasta el valor correspondiente a la red de distribución secundaria.

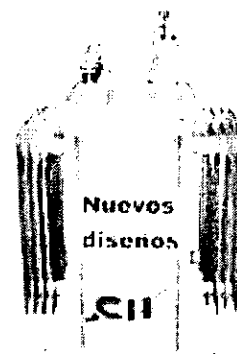
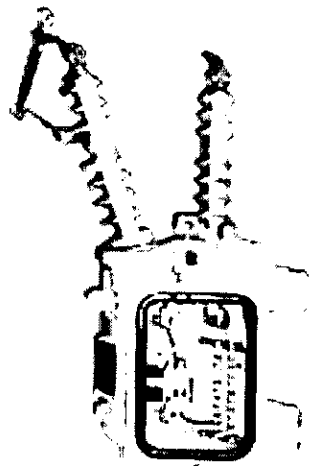
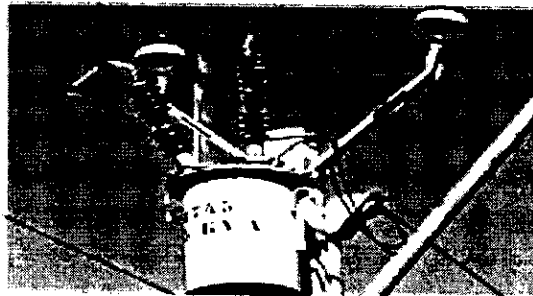
La mayoría de los transformadores de distribución se compone de:

Un núcleo magnético cerrado sobre el que se devanan dos o más bobinas de cobre independientes.

Un tanque lleno de aceite refrigerante y aislante en el que se sumerge la bobina con su núcleo.

Los pasatapas, a través de los cuales se introducen o sacan los conductores.

El pasatapas es una protección aislante del orificio practicado en el tanque por donde debe pasar el conductor.



VI.2.2 TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS

Los transformadores de instrumentos, sirven para reducir la tensión primaria de la instalación a tensiones o corrientes manejables en su lado secundario. Se utilizan para conectar a ellos aparatos de medición y protección. La medición sirve para detectar la energía que se recibe y la que se consume; los aparatos de protección reciben señales que utilizan a su vez para vigilar que los parámetros de corriente y tensión se mantengan en rangos previamente establecidos y de no ser así, mandar la desconexión de los circuitos que fallan.

VI.3 INTERRUPTORES DE POTENCIA

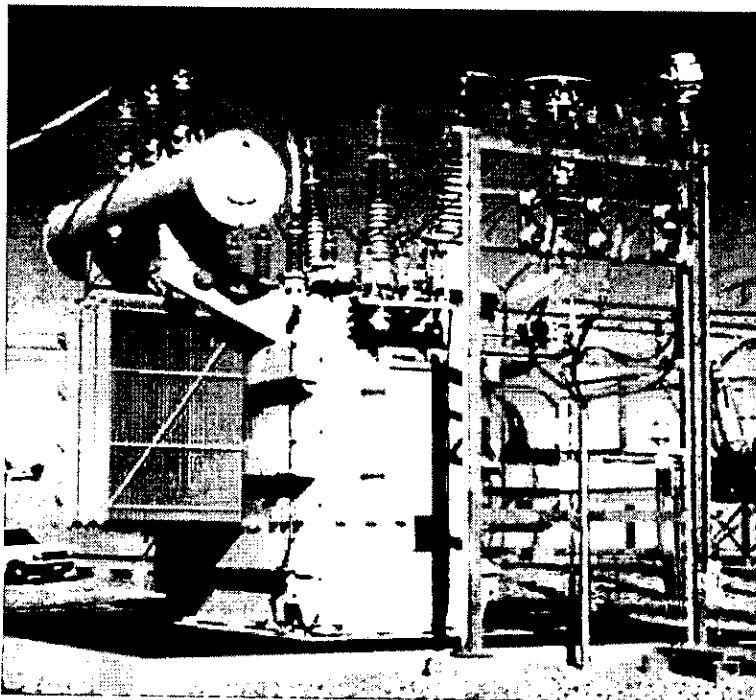
Los interruptores de potencia, sirven para desconectar en forma inmediata y automática o accionados por un operador, circuitos bajo condiciones de falla.

El interrumpir la continuidad de los circuitos, es importante ya que al aislar circuitos fallados se evita que contaminen la parte sana de la instalación.

Algunos se montan al aire libre, sobre una estructura de acero denominada bastidor, mientras que otros se instalan en tableros de distribución, ubicados en interiores. Por lo general, se colocan a ambos lados de un componente del equipo para cortar la energía eléctrica y hacer el mantenimiento.

VI.4 APARATOS DE CORTE, CUCHILLAS DESCONECTADORAS

Las cuchillas desconectadoras, sirven para conectar y desconectar circuitos sin carga o para aislar circuitos del resto de la instalación, ya sea para revisión o mantenimiento y no deben operar en casos de falla.



VI.5 DISPOSITIVOS DE COMPENSACIÓN

Los capacitores ofrecen el remedio simple, eficaz y de bajo costo actuando como fuente de potencia reactiva.

Los capacitores, proporcionan un ahorro considerable en el costo de la energía debido a lo siguiente:

- Reducen el monto de recibo de energía al eliminar las penalizaciones por bajo factor de potencia
- Disminuyen las pérdidas por calentamiento en cables y transformadores.
- Incrementan la capacidad de conducción de los cables.
- Mayor potencia disponible en los transformadores.
- Mejoran la regulación de voltaje en cables.

VI.6 APARTARRAYOS

Las instalaciones eléctricas, como cualquier tipo de instalación en intemperie, están sujetas a descargas atmosféricas o rayos, sin embargo, en las subestaciones, por estar interconectadas por grandes líneas de transmisión, existe mayor probabilidad de que lleguen a ellas descargas originadas en otros puntos diferentes a su ubicación, por lo que estas instalaciones, se protegen a la entrada de las líneas contra descargas atmosféricas por medio de apartarrayos. Estos aparatos, sirven para drenar a tierra las sobretensiones y altas corrientes que acompañan a estos fenómenos.

A continuación se presenta información técnica de un tipo de pararrayos:

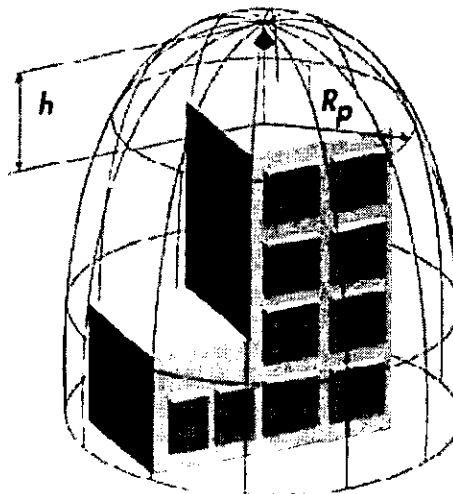
PARARRAYOS PREVECTRON INFORMACIÓN TÉCNICA

ZONAS DE PROTECCIÓN

En la actualidad, la forma más eficiente para determinar las zonas de protección contra descargas atmosféricas, es el uso del modelo llamado "Modelo Electrogeométrico". Este es base de las normas que actualmente se usan en la mayoría de los países Europeos, como entre otras la norma francesa NFC 17-100. En la práctica se pueden adoptar los siguientes criterios generales:

REF.	DESIGNACIÓN	A(m)	P(kg)
1121	PREVECTRON S6 cobre cromado	0,35	3
1123	PREVECTRON S6 acero inoxidable	0,35	3
1001	PREVECTRON S4 cobre cromado	0,35	2,7
1003	PREVECTRON S4 acero inoxidable	0,35	2,1
1011	PREVECTRON "TOP-SET" cobre cromado	0,38	2,1
1013	PREVECTRON "TOP-SET" acero inoxidable	0,38	2,1

☆ Una punta de pararrayos simple, instalada en la azotea de una construcción, tendrá una zona de protección determinada por un cono de semiángulo de 60° , tomado a partir de la cime de la punta.



☆ Una punta simple, instalada al nivel del piso, tendrá una zona de protección determinada por un cono de semiángulo de 45° a partir de la cime de la punta.

Tabla de radios de protección

MODELO	h: Altura de la punta (m)						
	2	4	6	8	10	12	15
	r: Radio de Protección(m)						
PREVECTRON S6	21	42	62	83	104	125	156
PREVECTRON S4	14	28	42	56	70	80	104
PREVECTRON "TOP SET"	11	21	31	42	52	62	78

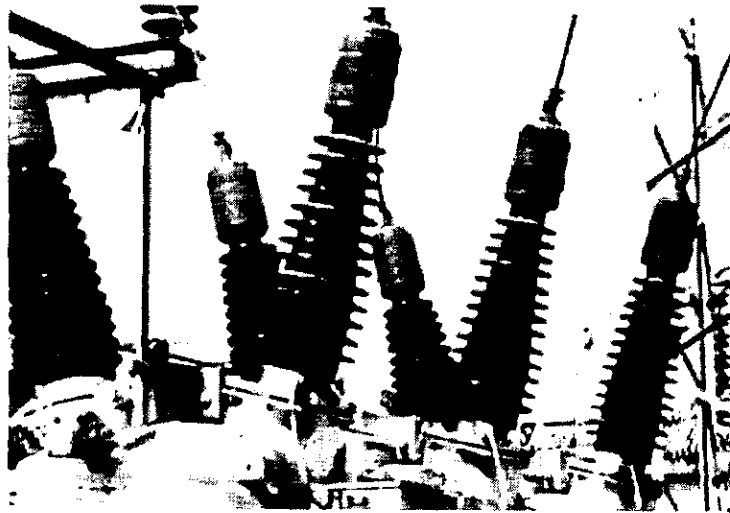
El pararrayos PREVECTRON, con un dispositivo de activación autónoma eléctrica, emite cuando hay un riesgo inminente de rayo, una ionización al nivel de la punta que anticipa la formación del piloto trazador.

Esta ventaja, permite la determinación de una altura ficticia de la punta (H), ligada a una altura real por un factor multiplicador definido en laboratorios de prueba, mismo que puede ser de 3, 4 ó 6 veces el radio alcanzado sin incremento de ionización y de acuerdo a la capacidad de emisión de cada modelo PREVECTRON.

VI.7 HERRAJES

Los herrajes, son todos aquellos mecanismos metálicos que permiten el anclaje o sujeción de dos o más elementos.

En las líneas de transmisión, la colocación de herrajes en las torres son un elemento importante toda vez que permiten la instalación de aisladores que proporcionan un elemento de apoyo para poder ejecutar el tendido de cables de guarda y conductor sin causarles daño, debido a la propia altura a la que quedan colocados los aisladores, punto donde se sujetarán las poleas que permitirán el paso libre del conductor al estar efectuando el jalón del mismo.

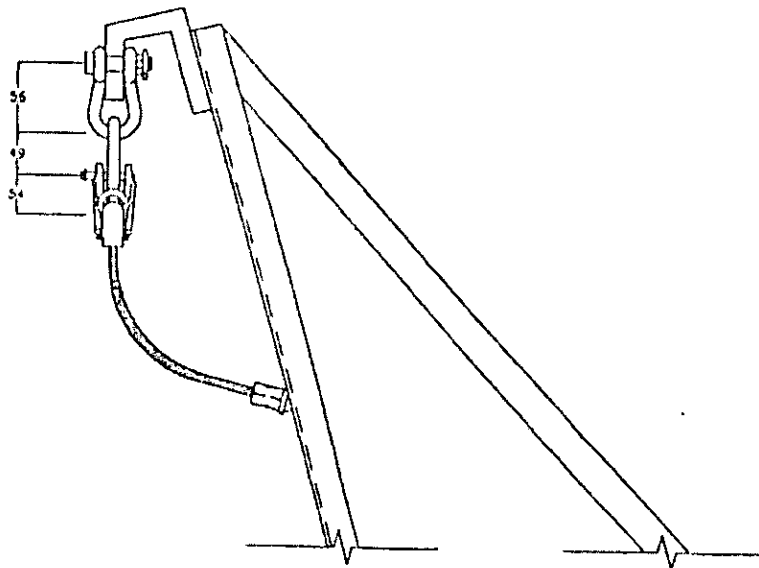
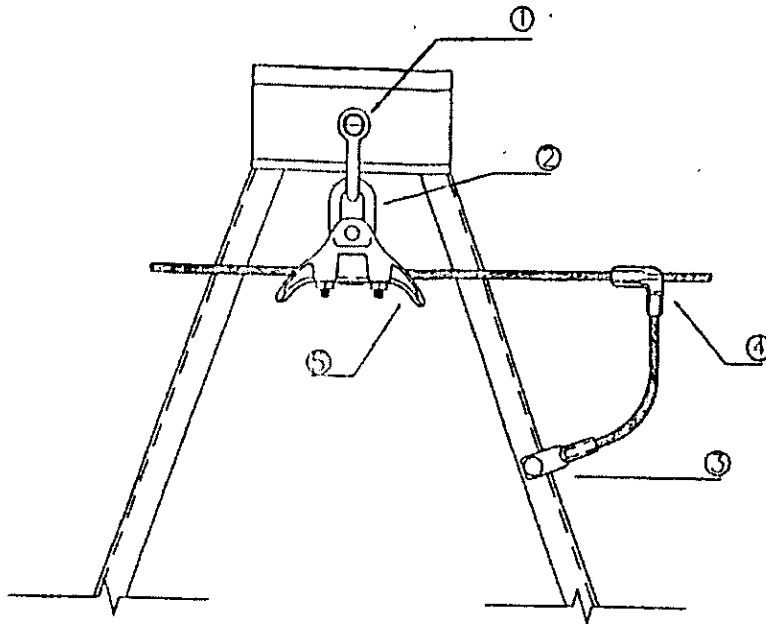


El tipo de herraje a emplear en cada estructura, estará determinado por la capacidad de carga a que estarán trabajando los aisladores, el calibre del cable de guarda así como el diámetro del conductor especificado para los diferentes voltajes a los que se diseñan las líneas de transmisión que va de 13.2kv a 400kv.

Lo anterior permite tener un parámetro para poder determinar el tipo de herrajes que se deben emplear para poder sujetar el cable a la cadena de aisladores, los cuales, pueden ser para suspensión o para tensión.

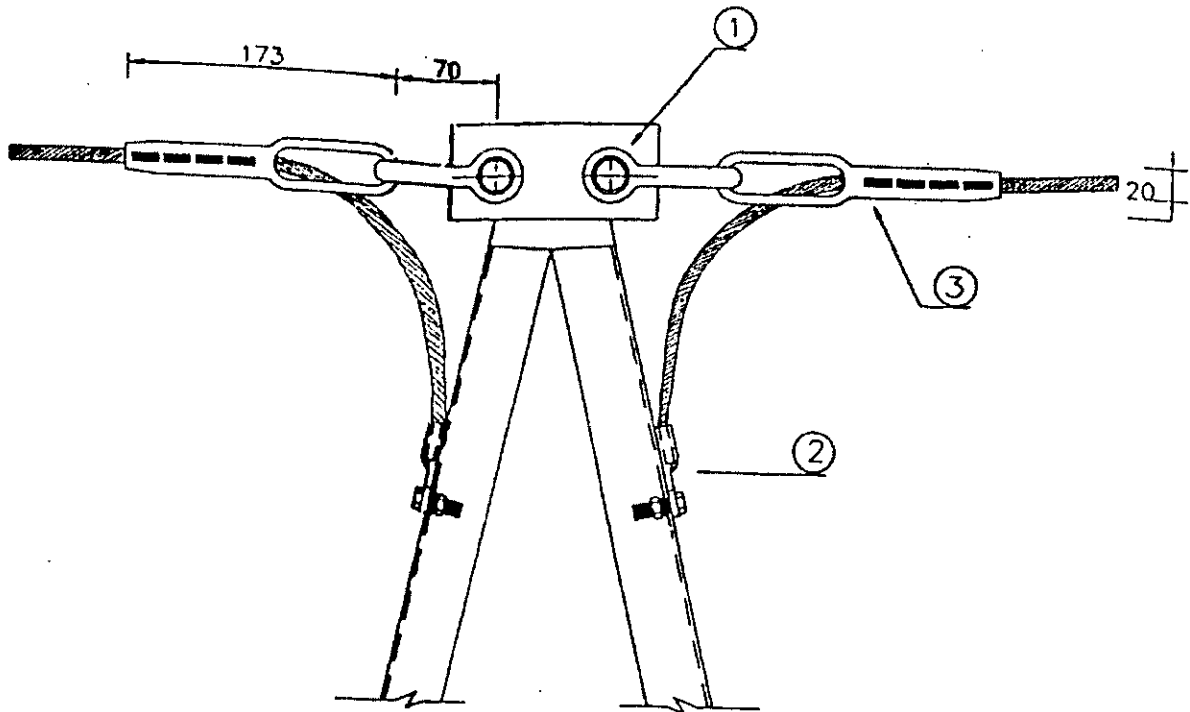
A continuación se muestran diversos herrajes ó conjuntos de suspensión o tensión:

- ⊗ HERRAJE O CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA, AAS 7#8.
- ⊗ CONJUNTO DE TENSIÓN PARA CABLE DE GUARDA, AAS 7#8.
- ⊗ CONJUNTO DE SUSPENSIÓN VERTICAL PARA CABLE DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA, 230KV.
- ⊗ CONJUNTO DE TENSIÓN SIN EMPALME PARA CABLE DE GUARDA CON FIBRA ÓPTICA, 230KV.
- ⊗ CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA EN "V" PARA UN CONDUCTOR POR FASE, 230KV.
- ⊗ CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PUENTE, PARA UN CONDUCTOR POR FASE, 115KV.
- ⊗ CONJUNTO DE TENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE, CIRCUITO DE 115KV.
- ⊗ CONJUNTO DE SUSPENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE, 230KV.
- ⊗ CONJUNTO DE TENSIÓN PARA UN CONDUCTOR POR FASE.



5	GRAPA DE SUSPENSION	1	CECOMESA	ALS-62	ALEACION DE ALUMINIO	ZHML-27	--	0.820	7,715
4	CONECTOR A COMPRESION CABLE A CABLE	1	CECOMESA	YLU26R25PE	ALEACION DE ALUMINIO	ZHML-23	PONCHADORA TRUSKIE EP-630 o SIMILAR	0.060	--
3	CONECTOR ZAPATA A COMPRESION	1	CECOMESA	ZHCKA-1-75	ALEACION DE ALUMINIO	ZHML-24	PONCHADORA TRUSKIE EP-630 o SIMILAR	0.110	--
2	ESLABON	1	CECOMESA	E-120	ACERO FORJADO GALVANIZADO	ZHML-78	--	0.185	15,620
1	GRULETE	1	CECOMESA	G-170F	ACERO FORJADO GALVANIZADO	20300-84	--	0.500	12,000
PART	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICA/HE	Nº. DE CATÁLOGO	MATERIA	ESPEC. EXT	HERRAMIENTA	PESO (kg)	FUERZA (kg)

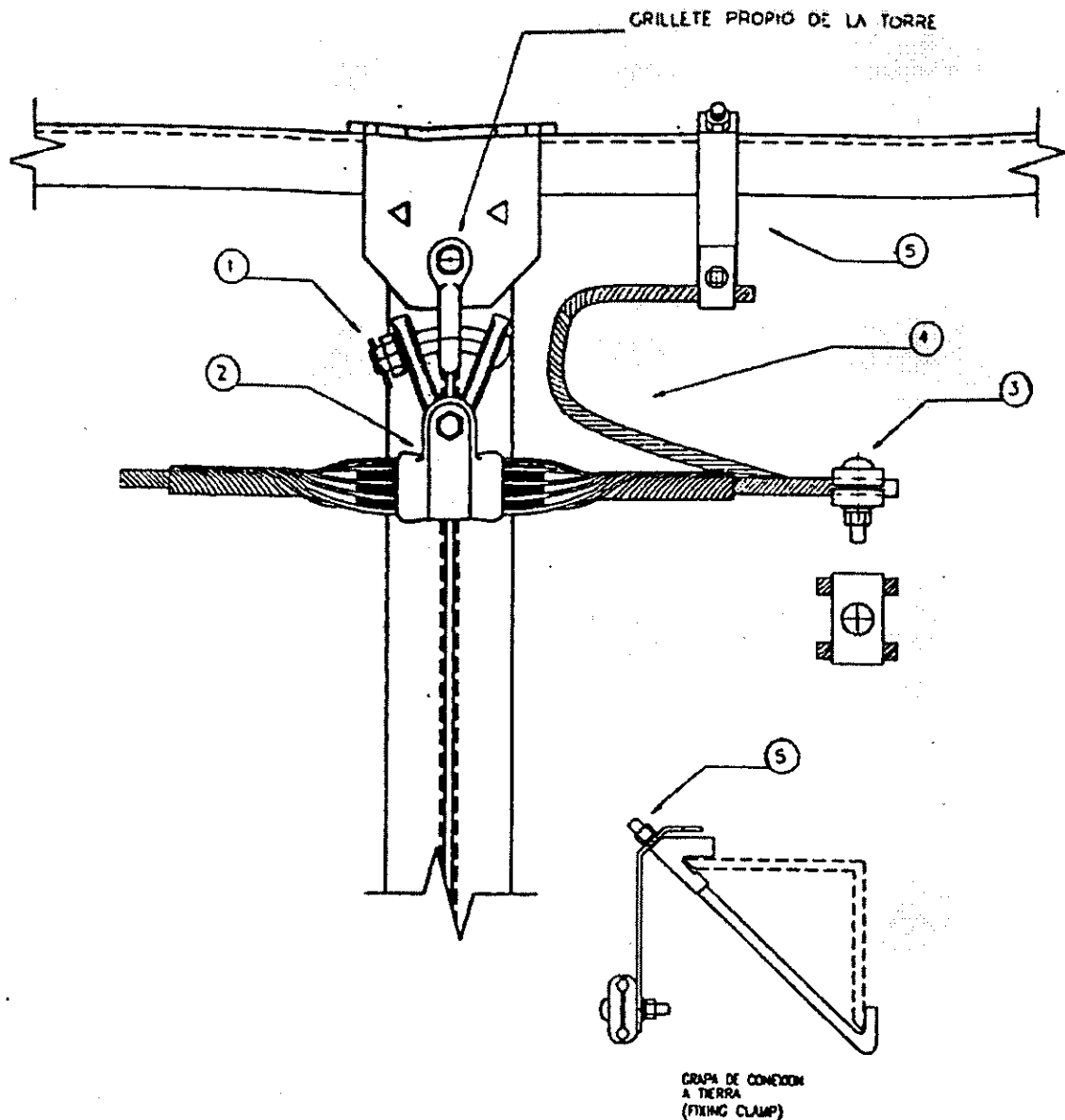
CONJUNTO DE SUSPENSION PARA CABLE DE GUARDA, AAS 7/B



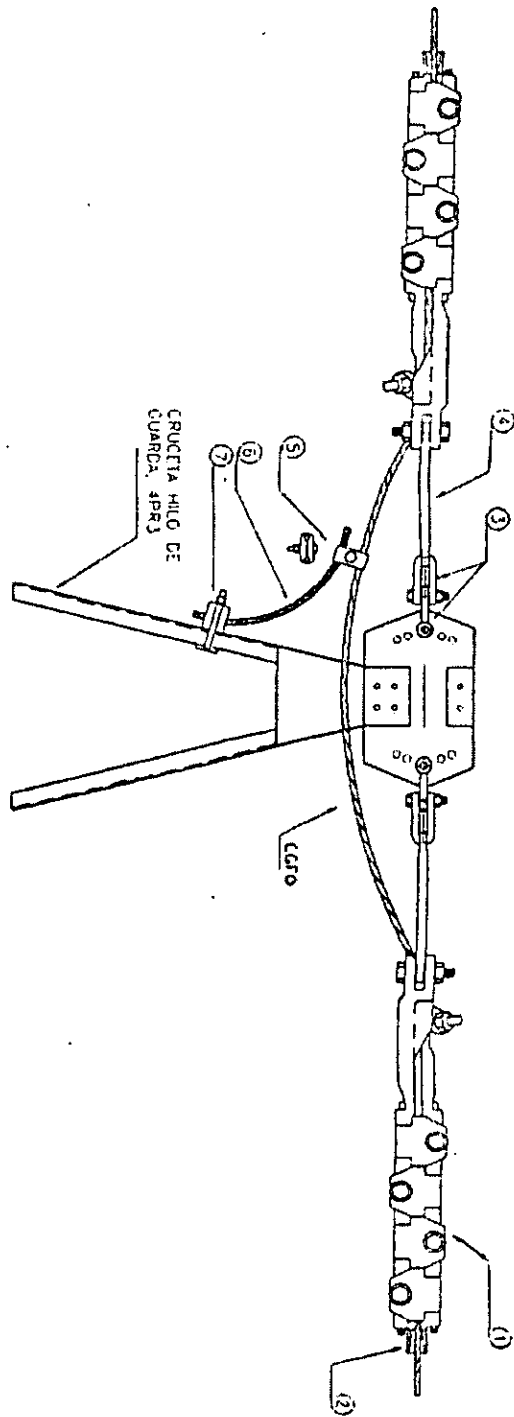
3	GRAPA DE TENSION A COMPRESION	2	CECOHESA	CT-7/8	ACERO FORJADO GALVANIZADO	---	0.380	*	PRENSA CH-450
2	CONECTOR ZAPATA A COMPRESION	2	CECOHESA	2P10CAE-1 1/2	ALUMINIO	2H1LT-24	0.110	---	PUNCHADORA HUSKIE EP-630
1	GRILLETE	2	CECOHESA	G-120 F	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2G300-B	0.500	12,000	---
PARTI	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	No. DE CATALOGO	MATERIAL	ESPEC. EST	PESO (kg)	FUERZA (kg)	HERRAMIENTA

* RESISTENCIA A LA RUPTURA: 95% DE LA DEL CABLE

CONJUNTO DE TENSION PARA CABLE DE GUARDA, AAS 7/8

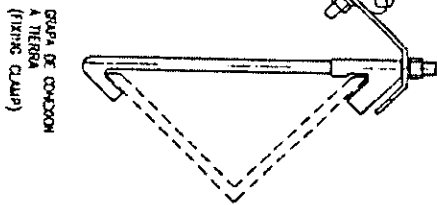


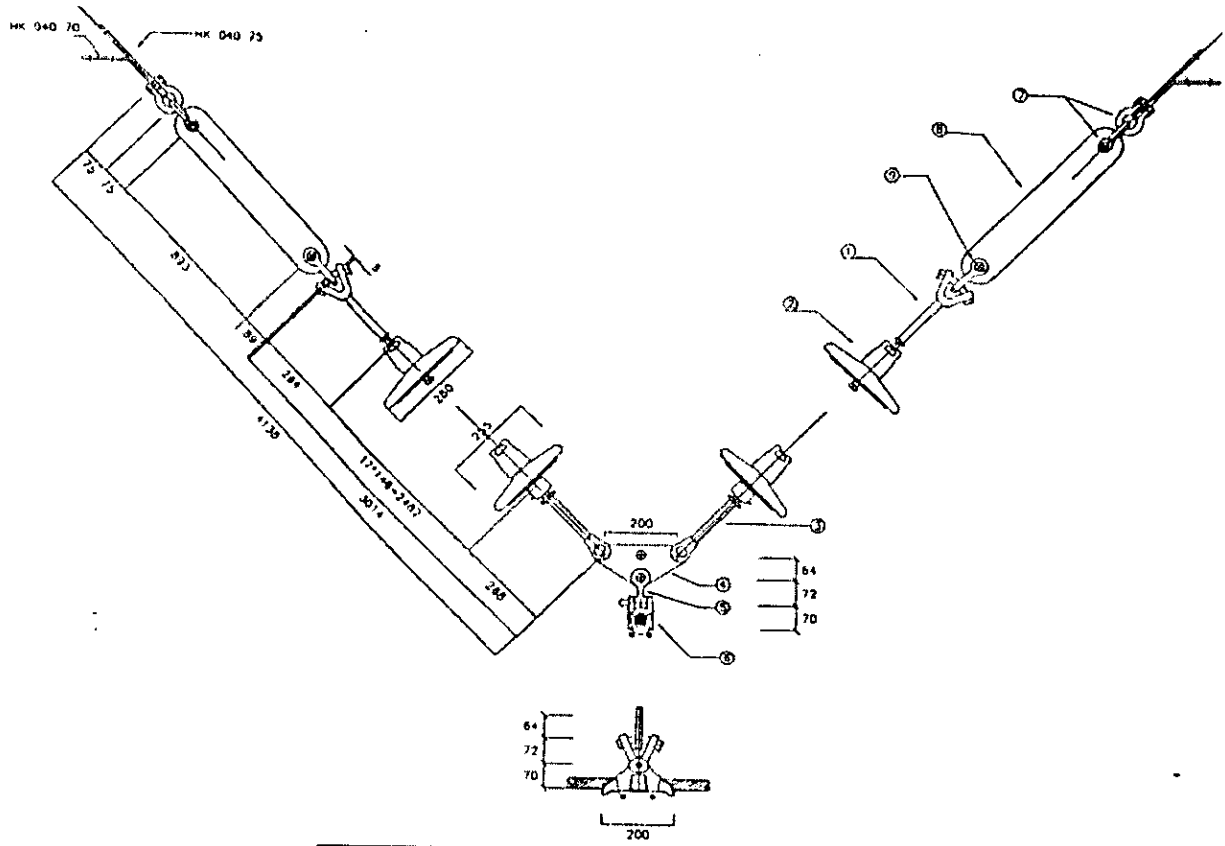
3	GRAPA DE CONEXION A TIERRA (FIXING CLAMP)	1	HITACHI	FCJ-1320	ACERO/ALEACION DE ALUMINIO
4	CABLE DE DERIVACION (BONDING WIRE)	1	HITACHI	AGC 19/2.5X1M	ALAMBRE DE ALUMINIO
3	GRAPA DE CONEXION PARALELA (P. G. CLAMP)	1	HITACHI	PC-1320	ALEACION DE ALUMINIO
2	GRAPA DE SUSPENSION (ARMOR GRIP SUSPENSION)	1	HITACHI	DL-HSU-1270	ALEACION DE ALUMINIO
1	MORQUILLA Y OJO REVRADO N° 01 PMS DEL	1	HITACHI	AD-YCS-05-90	HERRO DUCTIL



PARTIDA	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	NO. DE CATALOGO	MATERIAL	ESTRUCTURA DE
7	GRAPA DE CONEXION A TIERRA (FIXING CLAMP)	1	HITACHI	FCU-1370	ALUMINIO	
6	CABLE DE SERVICIO (SERVICING WIRE)	1	HITACHI	MC 197 56119	ALUMINIO	
5	GRAPA DE CONEXION PARALELA (P. C. CLAMP)	1	HITACHI	PC-1370	ALUMINIO	
4	ESQUADRO (LINK)	2	HITACHI	LF-8072	ACERO	
3	GRULETE (ADJOUR SUGARLI)	4	HITACHI	AS-170018	ACERO	
2	VARILLA PROTECTORA (PROTECT ROD)	2	HITACHI	AP-17800	ALUMINIO	
1	GRAPA DE TIENDEO (SPRING CLAMP)	2	HITACHI	OT-120200AC	ALUMINIO	

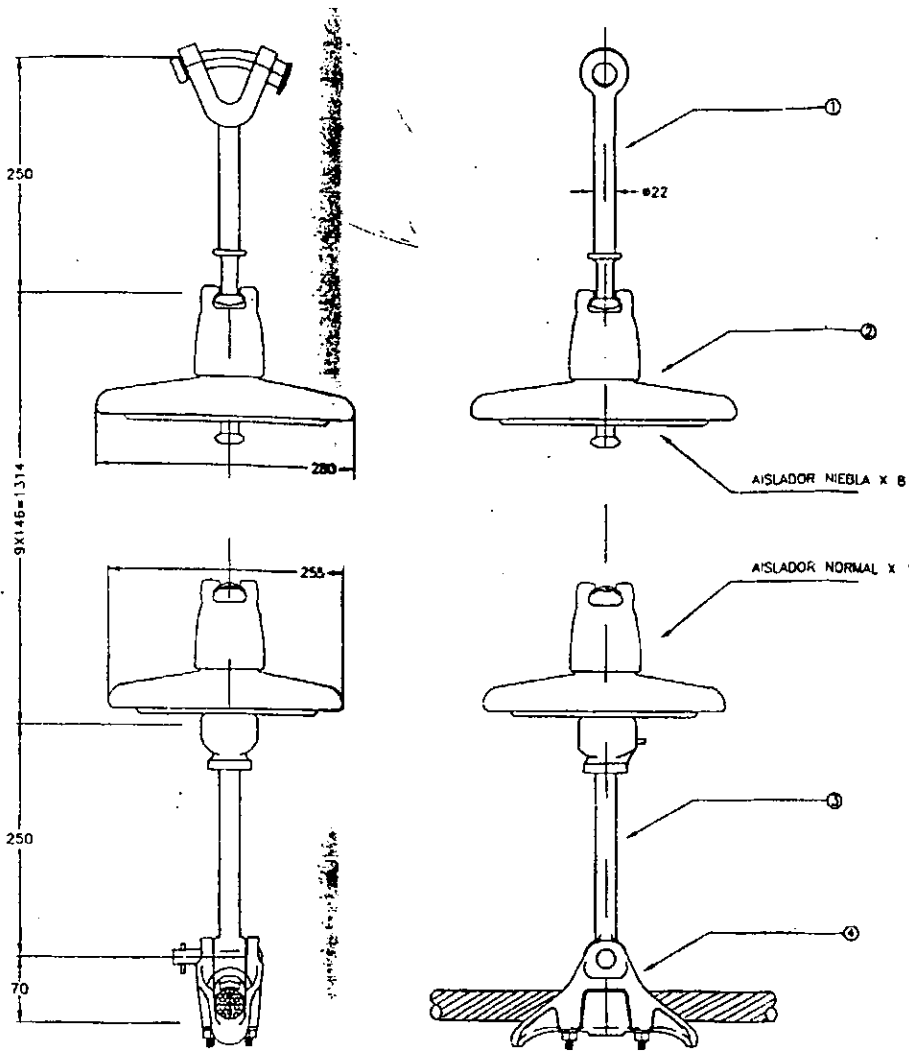
CONJUNTO DE TENSION SIN EMPALME PARA CABLE DE GUARDA CON FIBRA OPTICA, 230 KV





8	GRILLETE	2	CECONESA	G-2000	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2H1LT-14	0.85	20,000
8	MACHETE	2	--	HK 040 70	ACERO ASTM A-36	--	--	--
7	GRILLETE	4	CECONESA	G-2008	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2H1LT-14	0.79	20,000
6	GRAPA DE SUSPENSION	1	CECONESA	GS-35	ALEACION DE ALUMINIO	2C500-66	1.350	11,350
5	HORNILLA Y BOLA REVRZADO	1	CECONESA	HYOR-35	HIERRO DUCTIL GALVANIZADO	2H1LT-04	1.200	13,620
4	YUJO TRIANGULAR	1	CECONESA	YTR-140-200	PLACA DE ACERO GALVANIZADO	2H1LT-07	2.700	13,620
3	CALAMERA HORNILLA Y LARGA	2	CECONESA	CIMLY-140	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2H1LT-17	2.000	16,300
2	AGUJONES DE SUSPENSION 117 OR. CLASE S2 S NEBLA 4 NORMALES	12 +2	SLOVER	N120P/146 N12/146	VIDRIO TEMPLADO	52700-02	5.800 4.000	12,232 12,232
1	HORNILLA Y BOLA LARGA	2	CECONESA	HYLY-140	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2H1LT-15	1.450	13,620
PART.	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	NO. DE CATALOGO	MATERIAL	ESPEC. CTE	PE.SO (kg)	FUERZA (kg)

CONJUNTO DE SUSPENSION PARA EN "Y" PARA UN CONDUCTOR POR FASE, 230 kV



PARA USO EN TORRES:
PUENTES EN 7° CIRCUITO.
EXTERNO A LA DEFLEXION

DEFLEXION (°)	CONJUNTO P/TORRE
$0 < D \leq 30$	0
$30 < D \leq 65$	3
$65 < D \leq 90$	6

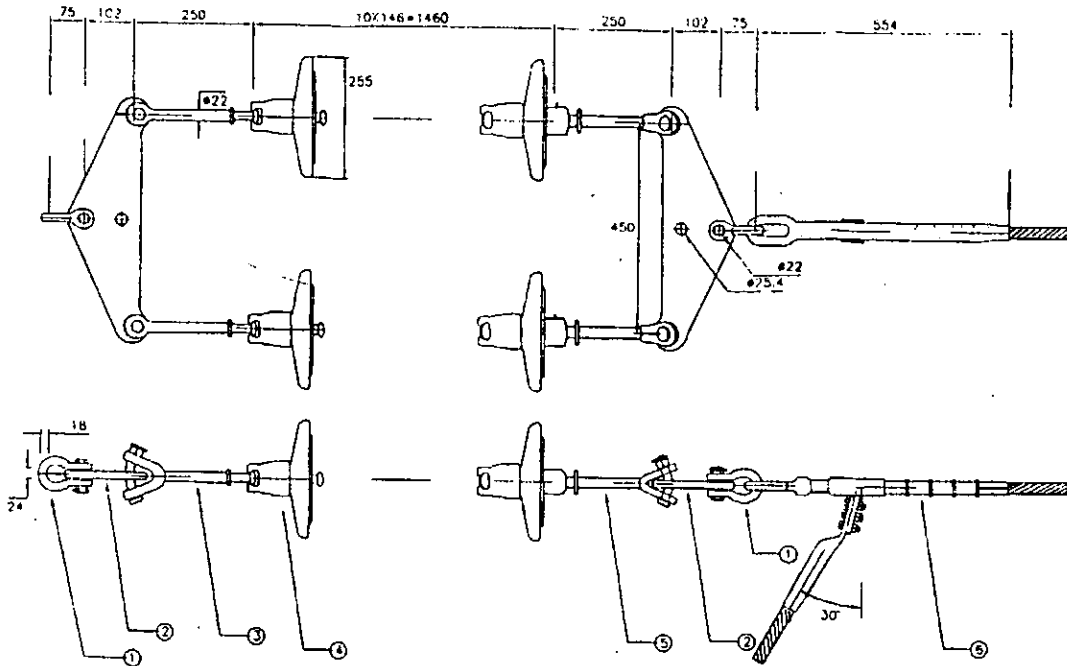
D = DEFLEXION

PART.	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	Nº. DE CONTROL	MATERIAL	ESPEC. CFE	PCSO (kg)	FUERZA (kg)
4	DRAPA DE SUSPENSION	1	CECOHESA	ALS-138	ALEACION DE ALUMINIO	2C500-69	1.350	11.350
3	CALAMORA DADO LARGO	1	CECOHESA	COLV-36	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2H1LT-16	1.530	13.679
2	AISLADORES DE SUSPENSION 112 MM. CLASE 52.5 NIEBLA + NIEBLA + NIEBLA	8	SEDAVER	N120P/148 N12/148	VERRO TEMPLADO	52700-G2	5.900 4.000	12.232 12.232
1	HORQUILLA Y BOLA 11522	3	CECOHESA	HYBLV-140	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2H1LT-15	1.720	13.620

NOTA:

ESTE CONJUNTO ES PARA USO EXCLUSIVO EN LAS TORRES TAR302P Y 10C2, DEL CIRCUITO DE 115 kV.

CONJUNTO DE SUSPENSION PUENTE, PARA UN CONDUCTOR POR FASE, 115 kV

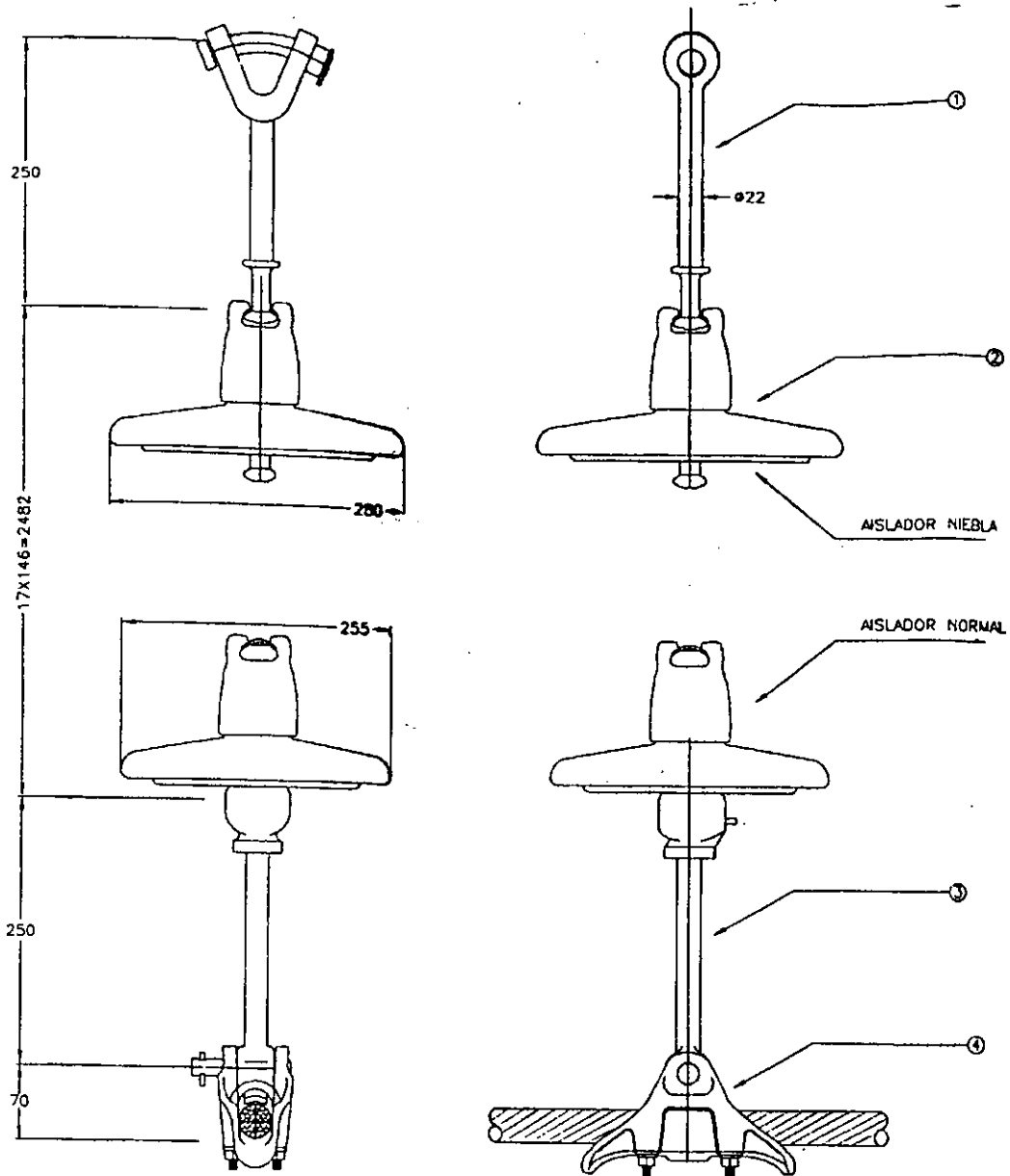


6	GRAPA DE TENSION A COMPRESION	1	CECONESA	DPL-1115-677	ALAJON DE AL/ACERO CALV	2HML-14	PRENSA CH-450*	4 500	**
5	CALABERA HORQUILLA Y LARGA ANSI 52.5	2	CECONESA	CHMLV-140	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2HET-17	--	2 000	16,300
4	ANULADORES DE SUSPENSION 112 KN, NORMALES, CLASE 52.5	20	SEDMER	N12/116	VARO TORNADO	32200-02	--	4 000	12,332
3	HORQUILLA "BOLA" LARGA ANSI 52.5	2	CECONESA	HYBLV-140	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2HET-15	--	1 450	13,620
2	YUGO TRIANGULAR	2	CECONESA	FTR-160-450	PLACA DE ACERO GALVANIZADO	2HET-09	--	8 000	16,350
1	CHILLETE	2	CECONESA	G-160	ACERO FORJADO GALVANIZADO	2G300-84	--	0 790	20,000
PART.	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	No. DE CAT. ODD	MATERIAL	ESPEC. OFE	HERRAMIENTA	PESO (kg)	FUERZA (kg)

* DADOS DE COMP ACERO/ALUM = 17/32
 ** RUPTURA 95% DE LA DEL CONDUCTOR

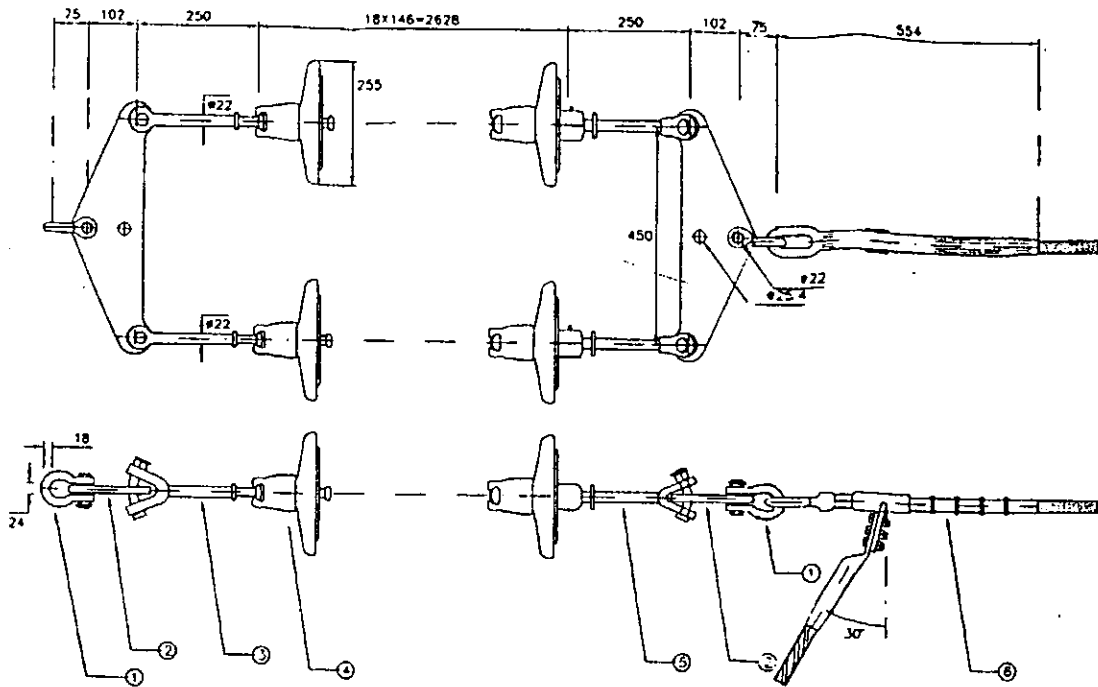
ESTE CONJUNTO ES PARA USO EXCLUSIVO EN LOS MARCOS DE REMATE DE LAS SUBESTACIONES, TORRES TAJ302P, 10G2 Y EL POSTE 146, 1213RMP+0, DEL CIRCUITO DE 115 KV.

CONJUNTO DE TENSION PARA UN CONDUCTOR POR FASE, CIRCUITO DE 115 KV



4	GRAPA DE SUSPENSION	1	CECOHESA	AL5-133	ALEACION DE ALUMINIO	2C500-69	1.350	11,350
3	CALAMERA OJO LARGO	1	CECOHESA	COLV-35	ACERO FORJADO GALVANIZADO	ZH1LT-16	1.550	13,620
2	ISLADORES DE SUSPENSION 112 UN. CLASE 52.5 NIEBLA + NORMAL	16 +1	SEDIVER	N120P/146 N12/146	VIDRIO TEMPLADO	S2200-02	5.800 4.000	12,232 12,232
1	HORQUILLA Y BOLA LARGA	1	CECOHESA	HYBLV-140	ACERO FORJADO GALVANIZADO	ZH1LT-15	1.220	13,620
PART.	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	NO. DE CATALOGO	MATERIAL	ESPEC. OFE	PESO (kg)	FUERZA (kg)

CONJUNTO DE SUSPENSION PARA UN CONDUCTOR POR FASE, 230 kV

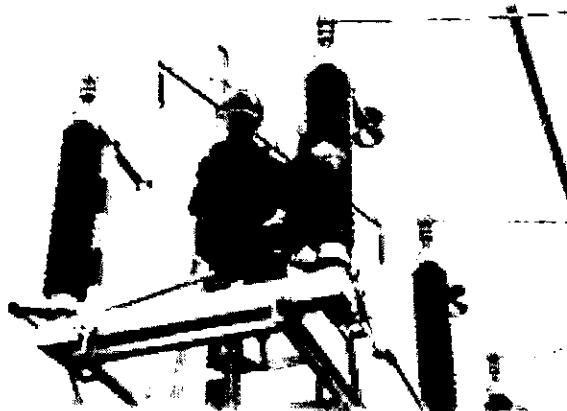


6	GRAPA DE TENSION A COMPRESION	1	CECONESA	OPRL-111-027	ALACON DE AL/ ACERO CALV	2481-14	PRESNA CH-450*	4.300	**
5	CALAFERA TRODORILLA Y LARGA ANSI 57.3	2	CECONESA	CHFLV-140	ACERO FORMADO GALVANIZADO	2481-17	---	2.000	18.300
4	ASLADORES DE SUSPENSION 112 MM, NORMALES, CLASE 57.5	38	SEOMER	N12/146	VORRO TEMPLADO	52700-02	---	4.000	12.232
3	TRODORILLA Y BOLA LARGA ANSI 57.5	2	CECONESA	HYBLV-140	ACERO FORMADO GALVANIZADO	2481-15	---	1.450	13.670
2	YUGO TRIANGULAR	2	CECONESA	YTR-160-450	PLACA DE ACERO GALVANIZADO	2481-09	---	8.000	18.350
1	CRILLETE	2	CECONESA	G-160	ACERO FORMADO GALVANIZADO	26300-84	---	0.790	20.000
PART.	DESCRIPCION	CANTIDAD	FABRICANTE	Nº DE CANTIDAD	MATERIAL	ESPEC. CFE	HERRAMIENTA	PESO (kg)	FUERZA (kg)

* DADOS DE COMP. ACERO/ALUM = 17/52
** RUPTURA 93% DE LA DEL CONDUCTOR

CONJUNTO DE TENSION PARA UN CONDUCTOR POR FASE

VI.8 AISLADORES



Los aisladores, son los soportes no conductores de un conductor eléctrico, los cuales permiten aislar eléctricamente a los conductores entre si y con respecto a la torre.

Para determinar si un aislador puede o no ser utilizado, deben considerarse su resistencia mecánica y sus propiedades eléctricas. Los materiales empleados en la fabricación de aisladores, son la porcelana vidriada o el vidrio templado.

Los aisladores de vidrio, presentan ciertas ventajas sobre los aisladores de porcelana por ejemplo:

- ▲ Mayor resistencia dieléctrica.
- ▲ Son mecánicamente más fuertes a la compresión.
- ▲ Es posible apreciar cualquier perforación o constitución no homogénea.
- ▲ El vidrio tiene un menor coeficiente de expansión térmica, lo cual minimiza los esfuerzos causados por cambios en la temperatura ambiente.
- ▲ El sobrecalentamiento debido a los rayos solares, es menor ya que estos pasan a través del vidrio y no son absorbidos como en el caso de la porcelana.

Asimismo, la porcelana presenta dos ventajas sobre el vidrio:

- ⊗ Puede soportar mayores diferencias de temperatura, es decir que no se cuartea cuando está expuesta a temperaturas muy altas o muy bajas.
- ⊗ No es tan frágil como el vidrio y no se rompe con tanta facilidad durante su transporte o instalación.

Tomando en cuenta las condiciones ambientales, los aisladores se fabrican en dos tipos:

- * Normal
- * Para ambiente contaminante (tipo niebla)

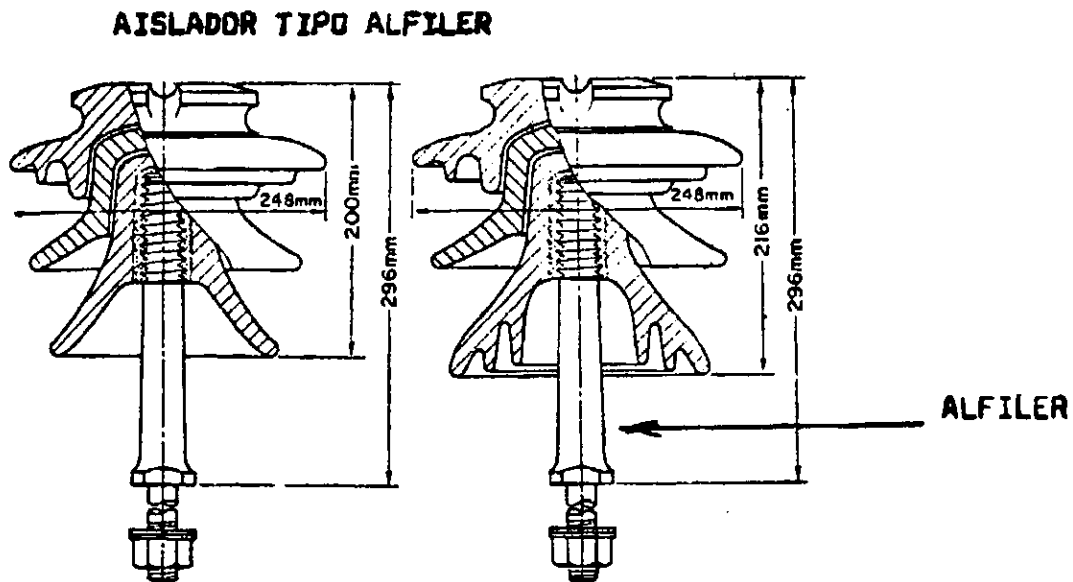
Por su construcción, los aisladores pueden ser:

- Ψ Tipo alfiler
- Ψ Tipo suspensión

VI.8.1 AISLADORES TIPO ALFILER

Los aisladores tipo alfiler, se fijan por medio de un perno o alfiler que está sujeto a su vez a la estructura (torre).

Para que la porcelana no este en contacto directo con el alfiler, el cual está construido de un material duro, se recubre la rosca con una capa de metal suave.



VI.8.2 AISLADORES TIPO SUSPENSIÓN

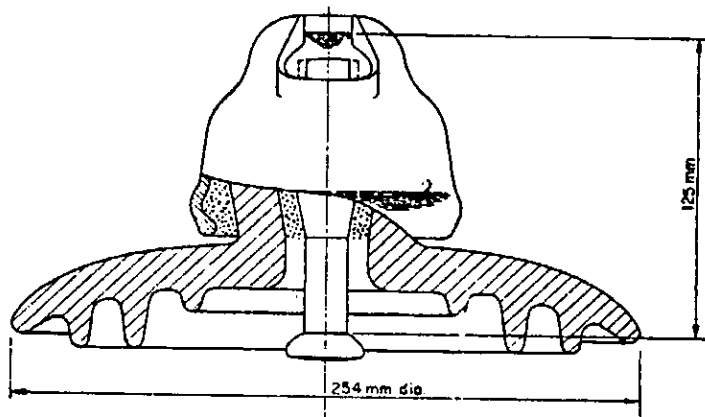
En el caso de los aisladores de suspensión, el conductor se suspende debajo del soporte por medio del aislador o aisladores al sujetarse a su extremo inferior.

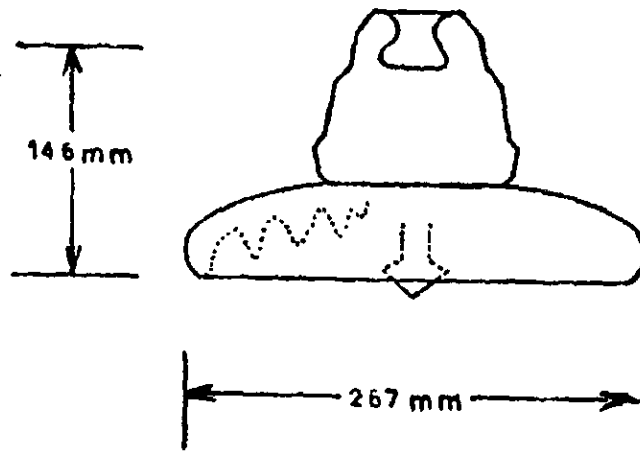
La distancia necesaria entre el aislador y el conductor, se logra agregando más aisladores. Al conjunto de aisladores de suspensión, se le llama cadena y la cantidad de unidades que la componen depende de la tensión, las condiciones meteorológicas y del tamaño del aislador utilizado.

Las líneas de transmisión de alta tensión, se aíslan con aisladores tipo suspensión los cuales, presentan un gran número de ventajas significativas respecto a los aisladores tipo alfiler como son:

- ☞ Cada aislador se diseña para una tensión de trabajo relativamente baja y entonces, el voltaje total requerido, se obtiene usando una cadena con un número deseable de aisladores.
- ☞ Al presentarse alguna falla en uno de los aisladores, sólo se requiere cambiar ese aislador y no la cadena completa.
- ☞ Los esfuerzos mecánicos se reducen debido a la flexibilidad de la línea al encontrarse suspendida.
- ☞ En caso de que la tensión nominal de operación se incremente en una línea, los requerimientos de aislamiento se logran aumentando el número de aisladores necesarios a la cadena.

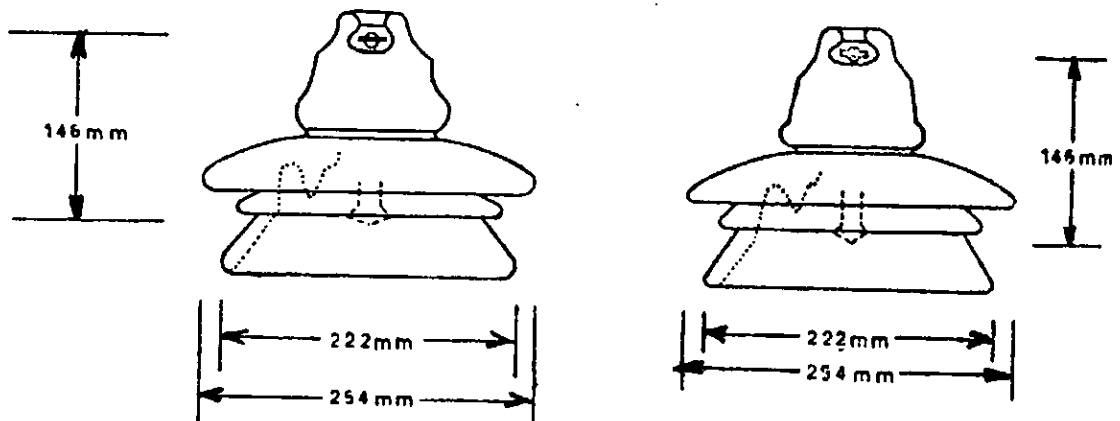
AISLADOR TIPO SUSPENSIÓN



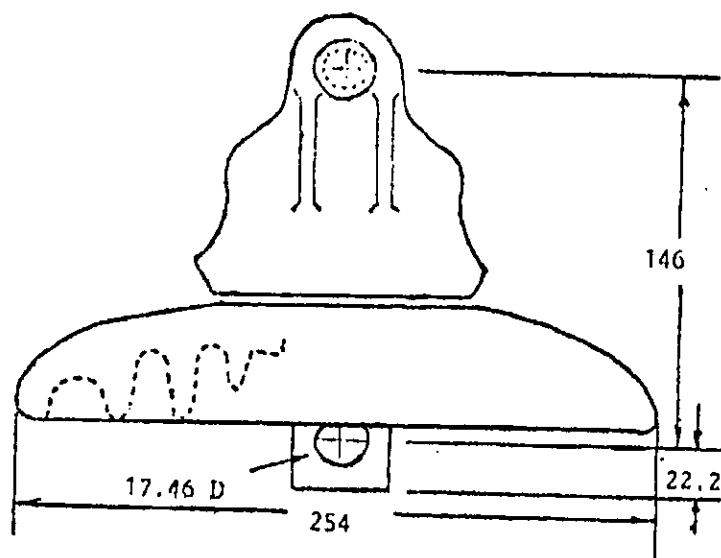
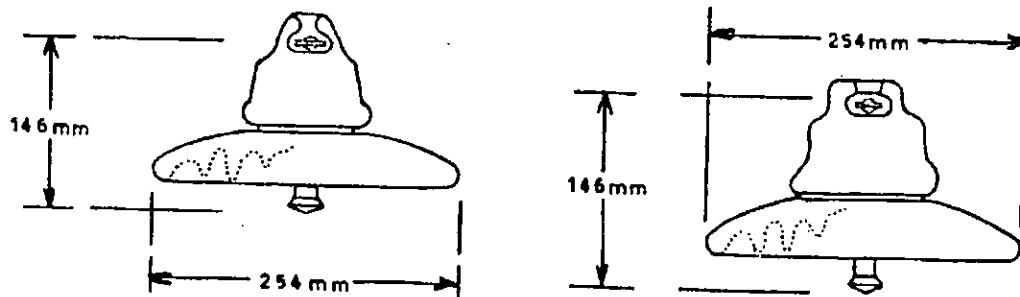


A continuación se presentan las dimensiones generales de aisladores tipo alfiler y tipo suspensión.

DIMENSIONES GENERALES DE AISLADORES TIPO ALFILER



DIMENSIONES GENERALES DE AISLADORES TIPO SUSPENSIÓN



El tipo y la cantidad de aisladores a instalar en las torres de transmisión, está en función de la zona por donde atravesará la línea así por ejemplo, en zonas costeras y en zonas de alta contaminación, se deben utilizar aisladores tipo niebla.

Por otro lado, la tensión de carga a la que estarán sujetos, es otro factor importante, para una línea de 400kv en las estructuras de tensión, es necesario utilizar aisladores de 16.33 toneladas y en las de suspensión de 11.34 toneladas.

El número de aisladores a emplear será de acuerdo a la siguiente relación:

VOLTAJE KV	NO. DE AISLADORES /CADENA PIEZA
69	6 para suspensión 7 para tensión
115	9 para suspensión 10 para tensión
400	24 para suspensión 25 para tensión

Conociéndose la capacidad de carga a que estarán trabajando los aisladores, se deberán determinar los herrajes respectivos que para cada estructura, estará determinado por el calibre del cable conductor mismo que será del diámetro especificado para los diferentes voltajes a los que se diseñan las líneas de transmisión, que en México van desde 13.2 KV hasta 400 KV. Existen en otros países líneas de 500 KV y algunas de hasta 750 KV estando en experimentación 1000KV.

VI.9 TIPOS Y CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN POR HILO

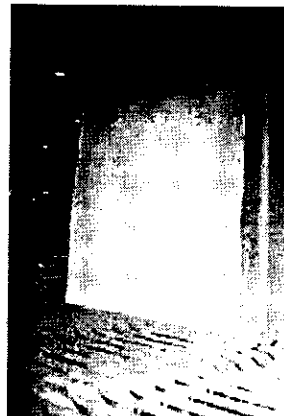
La transmisión de energía eléctrica, es posible a través de conductores eléctricos elaborados a base de cobre o aluminio en una amplia gama de calibres.

COBRE

El proceso productivo para la elaboración de cable y alambre de cobre sigue los siguientes pasos:



La chatarra de cobre es molida y compactada.



Refinación mediante ánodos y cátodos electrolíticos.



Proceso de fundición.



Obtención de alambón.



Trefilado.

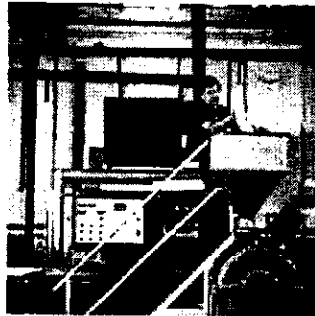


Bunchado.

En un proceso de colada continua, se elabora el alambón de cobre empleado para la fabricación de los cables y alambres.



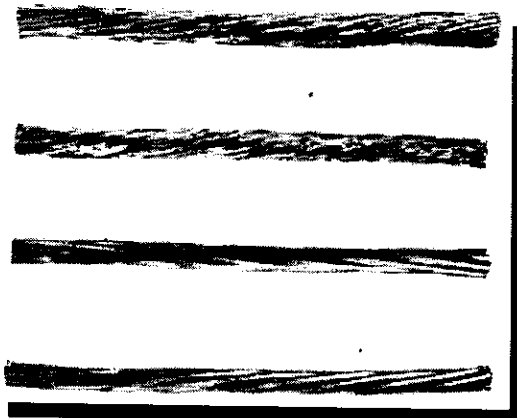
Cableado.



Forrado.



Producto final.



**ALAMBRES Y CABLES
DE COBRE DESNUDOS.**

**ESPECIFICACIONES: NOM-J-12,
NOM-J-35
NOM-J-36
REGISTRO: SCDGE5463**

USO O APLICACIÓN

Se utilizan en líneas de transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica, en la distribución de sistemas de tierra o redes de tierra, en instalaciones eléctricas y como componentes de productos más elaborados.

Pueden operar en ambientes salobres (lugares próximos al mar, esteros, etc.) como en ambientes corrosivos.

CARACTERÍSTICAS

La calidad de los alambres y cables, se garantiza utilizando cobre electrolítico con un 99.96% de pureza como mínimo y se clasifican en tres tipos denominados; duro, semiduro y suave según los diferentes temple, para tener la resistencia adecuada a la tracción y a la fatiga dependiendo del tipo de instalación.

También se elaboran en diferente número de hilos (7, 19 o 37) para proporcionar mayor flexibilidad al conductor.



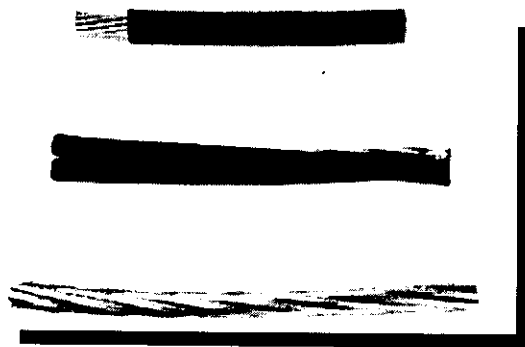
ALAMBRES DE COBRE DESNUDO

18	1.02	0.82	7.32	39	35	22
16	1.29	1.31	11.60	61	55	35
14	1.63	2.08	18.50	97	86	56
12	2.05	3.31	29.40	154	135	90
10	2.59	5.26	46.77	239	212	143
8	3.26	8.37	74.38	375	333	218
6	4.12	13.30	118.20	583	522	346
4	5.19	21.15	188.00	897	821	551
2	6.54	33.62	298.90	1353	1267	876
1/0	8.25	53.49	475.50	2045		1355

CABLES DE COBRE DESNUDO CLASE "A" Y "B"

12	7	0.77	2.34	3.31	B	30	41	112	90
10	7		2.95	5.26	B	47.7	223	177	143
8	7		3.71	8.37	B	76	353	277	227
6	7		4.67	13.30	B	121	558	435	360
4	7		5.89	21.20	A Y B	192	880	683	573
2	7		7.42	33.62	A Y B	305	1382	1072	1149
1/0	7		9.35	53.49	A	485	2157	1682	1392
1/0	19		9.47	53.49	B	485	2225	1727	1449
2/0	7		10.52	67.43	A	612	2690	2107	1756
2/0	19		10.64	67.43	B	612	2793	2163	1827
3/0	19		11.94	85.01	B	771	3495	2710	2304
4/0	7		13.26	107.20	AA Y A	972	4156	3304	2792
4/0	19		13.41	107.20	B	972	4366	3395	2792
250	19		14.58	127.00	A	1149	5157	4080	3298
250	37		14.61	127.00	B	1149	5248	4064	3432
300	19		15.98	152.00	A	1379	6134	4781	3958
500	19		20.60	253.00	AA	2300	9965	7863	6597
500	37		20.65	253.00	A Y B	2300	10220	7968	6597
750	19		25.32	380.00	AA	3450	15164	11872	9893
1000	37		29.24	507.00	AA	4600	19899	15618	13193

Datos sujetos a tolerancias de manufactura.
 Según necesidades del cliente puede proponerse construcción alterna.
 Los contenidos pueden cambiar en función de la construcción solicitada.



CABLES DE ALUMINIO.

**ESPECIFICACIONES: NOM-J-12,
AAC.-NOMJ27, NOMJ32.
ACSR.- NOMJ58 y NOMJ27**

Desnudo (AAC ó ACSR)

USO O APLICACIÓN

Se utilizan para redes de distribución y transmisión.

Descripción: Los cables tipo AAC (All Aluminum Cable), están formados por alambres de aluminio duro en capas concéntricas.

Los cables tipo ACSR (Aluminum Cables Steel Reinforced), están formados por alambres de aluminio duro colocados en capas concéntricas sobre un núcleo constituido de uno o más alambres de acero galvanizado.

Aplicación: Los cables de aluminio AAC, se emplean en Redes aéreas de Transmisión y Distribución.

Los cables de aluminio con refuerzo de acero galvanizado ACSR, se emplean en líneas de transmisión, subtransmisión, distribución y subestaciones.

CABLES DE ALUMINIO AAC

6 Peachbell	7	A	1.15	4.67	13.3	36.67
4 Rose	7	A	1.96	5.88	21.15	58.31
2 Iris	7	A	2.47	7.42	33.62	92.7
1/0 Poppy	19	B	1.89	9.47	53.48	147.4
3/0 Phlox	19	B	2.68	11.94	85.03	234.4
266.8 Daisy	19	A	3.01	15.05	135.2	372.8
336.4 Tulip	19	A	3.38	16.9	170.5	470
397.5 Canna	19	A	3.67	18.37	201.4	55.2
477 Cosmos	19	AA	4.02	20.13	241.7	66.4
556.5 Dahlia	19	AA	4.34	21.74	282	77.5

CABLES DE ALUMINIO ACSR

6 Turkey	6	1	5	36	17	53
4 Swan	6	1	6.4	58	27	85
2 Sparro	6	1	8	92	44	136
1/0 Raven	6	1	10.1	147	69	216
3/0 Pigeon	6	1	12.8	233	110	343
266.8 Patrig	26	7	16.3	375	171	546
366.4 Linne	26	7	18.3	470	217	687
397.5 Ibis	26	7	19.9	557	256	813
477 Hawk	26	7	21.8	667	308	975
536.5 Dove	26	7	23.5	784	258	1142

Datos sujetos a tolerancias de manufactura.

Según necesidades del cliente puede proponerse construcción alterna.

Los contenidos pueden cambiar en función de la construcción solicitada.

ALUMINIO**Cables de aluminio desnudos con refuerzo de acero (ACSR y ACSR/AW)**

El empleo de este tipo de cable en líneas aéreas, permite establecer distancias interpostales mayores debido al bajo peso del aluminio reforzado y por la gran resistencia a la ruptura que proporciona el acero. Se pueden fabricar longitudes específicas para evitar desperdicio en los tendidos de las líneas de transmisión y obtener ahorros en los empalmes.

Cables y alambres de aluminio desnudos AAC

Los cables son utilizados en redes de distribución y los alambres de aluminio se emplean para amarres a los aisladores del cable de aluminio los que pueden ser de dos tipos; de temple duro o de temple suave.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS. ACSR

El empleo de cables de aluminio reforzado con acero (ACSR) en líneas aéreas de transmisión, permite claros interpostales mucho mayores que con el empleo de conductores de cobre lo que supone un considerable ahorro de estructuras, aisladores y herrajes.

Los cables tipo ACSR, permiten obtener claros interpostales mayores que para cables de cobre o aluminio debido a su refuerzo de acero.

Ofrecen gran resistencia a la tensión mecánica.

Están protegidos contra la corrosión prematura pues contienen un compuesto antioxidable interpuesto entre los hilos de acero y los de aluminio.

Estos cables no deben emplearse en zonas con atmósfera salobre ni en lugares próximos al mar, pues los efectos de la corrosión electroquímica entre los hilos de acero y de aluminio los destruyen rápidamente.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS. AAC

El empleo de cables de aluminio (AAC) en redes de distribución, no suele generalmente, reportar ventajas económicas en comparación con el empleo de conductores de cobre, pues este último metal tiene un precio de recuperación, como chatarra, muy superior al del aluminio.

VI.10 CABLE DE FIBRA ÓPTICA

La técnica de transmisión de datos por fibra óptica, se esta consolidando rápidamente.

Frente a los sistemas anteriores, presenta un conjunto de ventajas que la hacen técnicamente preferible, algunas de las cuales son:

Gran ancho de banda que permite la transmisión de un volumen de datos superior.

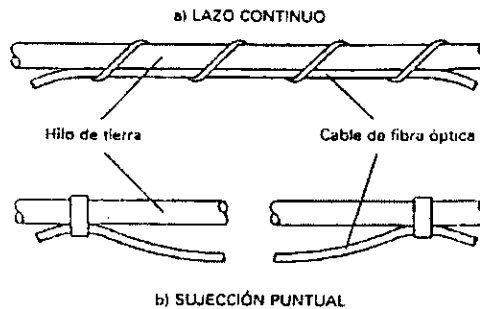
Gran velocidad de transmisión (10Mbits/s), con lo que se logra que la información llegue completa en mucho menos tiempo que con otras técnicas.

Si bien, el cable de fibra óptica puede instalarse de la misma manera que un troncal telefónico en lo que respecta a su utilización por parte de las empresas eléctricas, teniendo en cuenta la configuración de la red de potencia, resulta conveniente que el camino recorrido por el cable de comunicaciones, coincida con el de las líneas de Alta Tensión.

Cable compuesto tierra-óptico

Se emplea cuando la línea de Alta Tensión, tiene cable de guarda convencional. En ocasiones deben reforzarse los apoyos de la línea, ya que el cable óptico producirá un esfuerzo adicional debido a la carga del viento.

Su instalación suele ser bastante sencilla como se muestra en la figura siguiente.



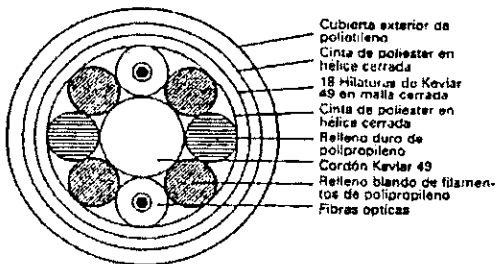
Métodos de instalación de cables cosidos a un cable fiador.

Sujeción de cable óptico a cable de tierra:
a) Lazo continuo. B) Puntual.

Se tenderá y tensionará un cable de guarda de 7#8 y otro de fibra óptica (CGFO) con las siguientes características; cable de guarda compuesto con 12 fibras ópticas unimodo de dispersión normal (UIT-T-G652), la corona debe de estar formado por 7 alambres de alumoweld, con un diámetro igual o mayor a 3.26mm. El diámetro total del cable de guarda con fibra óptica debe ser menor o igual a 13mm con una densidad máxima de 510 Kg/Km.

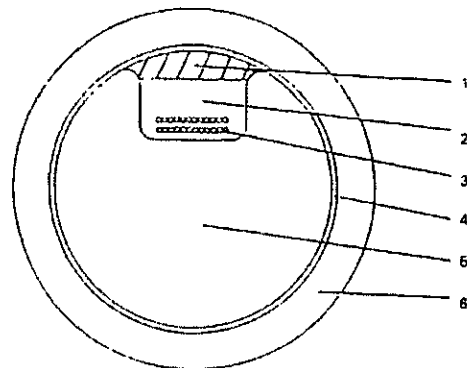
Los empalmes ópticos deben ser por fusión y el valor de pérdida por cada empalme óptico debe ser menor o igual a 0.1 dB.

Tipo de cable cosido al hilo fiador.



- Cubierta exterior de polietileno
- Cinta de poliéster en hélice cerrada
- 18 Hilaturas de Kevlar 49 en malla cerrada
- Cinta de poliéster en hélice cerrada
- Relleno duro de polipropileno
- Cordón Kevlar 49
- Relleno blando de filamentos de polipropileno
- Fibras ópticas

- 1.- Tapón longitudinal de polietileno para la ranura.
- 2.- Gel de relleno.
- 3.- Cintas de fibra óptica.
- 4.- Encintado.
- 5.- Soporte macizo de fibra de vidrio (GRP).
- 6.- Cubierta.



Sección transversal de un cable FIBRESPAN de 24 fibras.

CONCLUSIONES

El haber realizado la presente tesis, nos permitió sensibilizarnos de la complejidad que encierra este tipo de obras en las que convergen diversas ramas de la Ingeniería como son: sistemas, topografía, mecánica de suelos, cimentaciones, estructuras, mecánica-eléctrica y de construcción.

Asimismo, el conocer cada una de las etapas de construcción, su importancia y la manera en que el ingeniero civil participa en el desarrollo de las mismas.

Resulta de particular interés las reformas a la ley que permiten la inversión extranjera en proyectos de generación, transformación y transmisión de energía así como la demanda potencial que se espera para los siguientes 10 años, lo cual exigirá nuevos esquemas de inversión y políticas que fomenten el ahorro de energía.

El consumo diario de combustible empleado en la generación de energía, así como el incremento que tendrá en los próximos diez años hacen necesario investigar más el uso de otras fuentes de generación como la energía solar y eólica ya que los escenarios futuros respecto al precio y oferta de estos es incierto.

La apertura a la inversión extranjera si bien es necesaria, se deberán buscar los planteamientos que garanticen la participación de la ingeniería mexicana en cada uno de los proyectos, para evitar el desplazamiento de ingenieros y personas con una amplia experiencia en el ramo, adquirida a través de largo años.

Los ingenieros han sido parte fundamental en la construcción de la infraestructura con que cuenta el territorio nacional, es lamentable que actualmente se estén dejando en manos de extranjeros pues sin duda alguna, la experiencia que las futuras generaciones tendrán por su participación en la generación de nuevas obras ingenieriles irá siendo cada vez menor con la consecuente decadencia de una ingeniería que ha brindado ingenieros de calidad con un cúmulo de conocimientos invaluable.