

11126
28



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

INSTALACION Y PUESTA EN SERVICIO DEL CABLE DE 85
KV. DE SUBESTACION ELECTRICA PATERA (LYF) A
SUBESTACION ELECTRICA NACEL (CONDUMEXI).

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
EDUARDO GALICIA SANTIAGO
ROBERTO VALENCIA VARGAS

ASESOR: ING. ENRIQUE CORTES GONZALEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



SECRETARÍA NACIONAL
DE EDUCACIÓN
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MEXICO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
SUPERIOR

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. María del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisaremos la TESIS:

Instalación y puesta en servicio del Cable de 65 KV de Subestación Eléctrica
Patera (LyF) a Subestación Eléctrica Naceo (CONUMEX)

que presenta al pasante: Eduardo Galicia Santiago
con número de cuenta: 9207271 - 2 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de mayo de 2003

PRESIDENTE

Ing. Eduardo Salas Cárdenas

VOCAL

Ing. Daniel Bonilla Snipien

SECRETARIO

Ing. Enrique Cortés González

PRIMER SUPLENTE

Ing. Jose Antonio Sánchez Gutiérrez

SEGUNDO SUPLENTE

Ing. Ricardo Delgadillo Torres

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2



SISTEMA NACIONAL
DE ESTUDIOS SUPERIORES
1971

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

EXAMENES PROFESIONALES
SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Instalación y puesta en servicio del Cable de 85 KV de Subestación Eléctrica
Patera (LyF) a Subestación Eléctrica Nacel (CONUMEX)

que presenta el pasante Roberto Valencia Vargas
con número de cuenta: 9102290 - 3 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 19 de mayo de 2003

PRESIDENTE

Ing. Eduardo Salas Córdova

VOCAL

Ing. Daniel Bonilla Sapien

SECRETARIO

Ing. Enrique Cortés González

PRIMER SUPLENTE

Ing. Jose Antonio Sánchez Cutiérrez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Ricardo Delgadillo Torres

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3

DEDICATORIA

Eduardo:

A mis padres Eduardo y Margarita, quienes con su trabajo, dedicación, ejemplo y amor me supieron guiar y apoyar en todo momento en mis estudios a pesar de las limitantes, por quien tanto he pedido a Dios de todo corazón lean estas líneas y les dedico el presente trabajo de tesis y examen profesional.

A mi esposa Rosaura, por ser mi amiga y compañera y por estos años de alegría que me has brindado, por tu incansable paciencia y motivación que me brindas día a día pero sobre todo por ser quien eres Gracias te dedico este trabajo.

A mi hija Dafne, a quien espero esto le sirva de ejemplo, motivación y que le permita sentir la satisfacción de cumplir sus metas.

A mis hermanas Blanca, Guadalupe y Martha, les dedico este trabajo y espero que esto les sirva de motivación para que les permita salir adelante en sus metas personales, les agradezco el apoyo moral que me dieron para concluir este trabajo.

A mis tíos, primos, cuñados, por el apoyo incondicional que me brindaron por estar siempre cerca en buenos y malos momentos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4

MI SINCERO AGRADECIMIENTO A:

Ing. Cesar M. Bautista Arontes por apoyarnos en responder a todas nuestras preguntas, por la cantidad de información que aportó a este trabajo, por sus palabras de aliento, por su ayuda en los momentos difíciles y sobre todo por su amistad.

Ing. Gerardo Ceja A. Por la motivación y por la oportunidades brindadas para la elaboración de esta tesis.

Ing. Enegy Badillo T. Por su amistad y motivación.

Juan López, Arturo Ávila, Gilberto Peña, Ubaldo Vargas y a todo el personal de obras mecánicas por su valiosa aportación de datos y experiencias en el montaje de cables de potencia.

Porfirio Calzada V. Ing. Bolívar P., Ing. H. Chacon, Antonio Alvarez por su inagotable paciencia y por sus palabras de aliento.

A nuestro asesor Ing. Enrique Cortés G. Por ser nuestra guía en el inicio de una nueva etapa, compartiendo sus conocimientos y experiencias pero por sobre todo habernos brindado su amistad.

A la FES – Cuautitlán que fomento en nosotros la formación académica, a través de los valores de responsabilidad, honestidad y respeto.

A la UNAM por permitirnos pertenecer a su institución y sembrando en nosotros el profesionalismo y humildad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

S

DEDICATORIA

Roberto:

A mis padres Roberto y Ma. de Jesús, de quienes he aprendido que el camino recto es el más fácil y que a través de su ejemplo, dedicación, trabajo, confianza y cariño han sabido fomentar en mí la responsabilidad y deseo de superación tanto personal como profesional y sobre todo, gracias por ser mis mejores amigos por lo cual les dedico el presente trabajo de tesis y examen profesional, que siempre le he pedido a Dios que llegaran a leer estas líneas.

A mi esposa Marlen, con cariño por su incansable paciencia y motivación que me brinda día a día para la realización de este trabajo y en la relación como familia que a pesar de los obstáculos del camino siempre hay la comunicación para superarlos. Gracias por ser como eres T.A.

A mi hijo David, a quien espero que esto le sirva de ejemplo, superación y que le permita sentir la satisfacción de realizar sus metas. T. Q. M.

A mis hermanos Angeles, Sara y Nôe, que han estado siempre a mi lado en las buenas y en las malas y que siempre mantienen una actitud de triunfo y espero que esta tesis les sirva de motivación para que realicen sus metas personales y que se sientan satisfechos con las decisiones que tomen en la vida. Los quiero mucho.

A mis tíos Prospero y Adelina, con admiración y respeto por enseñarme el valor de la responsabilidad y el trabajo y sobre todo por estar siempre cerca de mí en cualquier situación.

A mis primos Andrés, Edgar y Carlos, que han estado presentes en los mejores momentos de mi vida, brindándome su apoyo y cariño.

A mi abuelita Ma. Efrén, que comparte sus experiencias de mi abuelo Andrés Valencia (q.e.p.d) y que a través de su ejemplo sembraron en mí el espíritu de triunfador.

A mi suegra y cuñadas, por su amistad y estímulos constantes para la realización de esta tesis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Roberto:

A mis tíos Juan O. y Rosalio M. que con su ejemplo me han demostrado salir adelante en cualquier problema que se nos presente en la vida por muy difícil que este sea

A todos mis tíos y primos, de quien surge un "tú eres importante" y un "creo en ti"

A la memoria de mi bisabuela y mi primo:

Sabina Monzalvo O.

Omar J. Lozada G.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

| | Páginas | |
|--------------|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 | |
| CAPÍTULO I | Descripción general de la obra | |
| | 1.1 Obra civil del tendido del cable de potencia | 4 |
| | 1.2 Procedimiento constructivo obra civil-mecánica | 5 |
| CAPÍTULO II | Descripción y características del cable de potencia a 85 KV | |
| | 2.1 Especificación general del cable de potencia a 85 KV | 9 |
| | 2.2 Características físicas y eléctricas del cable de potencia | 24 |
| CAPÍTULO III | Tensiones y longitudes de jalado | |
| | 3.1 Tensión máxima permisible de jalado | 26 |
| | 3.2 Cálculo para jalado de cables | 28 |
| | 3.3 Presión lateral en curvas | 31 |
| | 3.4 Recomendaciones | 32 |
| CAPÍTULO IV | Transporte, manejo e instalación del cable de potencia | |
| | 4.1 Transporte y manejo del cable de potencia | 33 |
| | 4.2 Instalación del cable de potencia | 36 |
| | 4.3 Empalmes, terminales y accesorios del cable de potencia | 43 |
| CAPÍTULO V | Pruebas preliminares a la puesta en servicio del cable de potencia | |
| | 5.1 Pruebas generales | 85 |
| | 5.2 Prueba previa a la puesta en servicio del cable de potencia | 91 |
| CAPÍTULO VI | Puesta en servicio del cable de potencia | 93 |
| | Conclusiones | 95 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad el estudio sobre la instalación, pruebas de campo y puesta en servicio del cable de potencia con aislamiento sintético extruido a 85 KV, para proporcionar energía eléctrica a la subestación Nacel de CONDUMEX.

Dado el desarrollo del país, en forma constante van aumentando las cargas conectadas a las diversas áreas del sistema eléctrico nacional, además que en general la carga de los usuarios ya conectada va en aumento con el tiempo, por la ampliación de las instalaciones domiciliarias, comerciales y de servicios y por el incremento de diferentes tipos de utilización de la energía eléctrica.

La planeación debe tener en cuenta los aspectos del crecimiento proyectado, previendo así, nuevas instalaciones para atender las nuevas demandas, cumpliendo con los requerimientos de:

- Mínima variación de voltaje
- Mínima variación de frecuencia (máxima calidad del servicio).
- Un mínimo número de interrupciones con una mínima duración (máxima continuidad del servicio, interrupciones que afectan al menor número de usuarios)

Una compañía eléctrica enfrenta el problema de desarrollar un sistema complejo de generación, transmisión y distribución en una forma económica y orientada hacia el futuro, teniendo la necesidad de emplear una combinación óptima de modelos y metodologías como guía para la toma de decisiones, a fin de satisfacer la demanda de energía eléctrica a un costo mínimo, con un alto nivel de confiabilidad, tomando en cuenta su capacidad financiera y energética de la nación. Debido a la variedad de razones (altos costos de capital y energía, escasez de recursos), la planeación cuidadosa de las inversiones en el sistema de generación, transmisión y distribución como un todo, es un paso importante para un buen funcionamiento global de una empresa.

En la última década se han acumulado diversas experiencias en la materia, que han enseñado al ingeniero una cantidad enorme de conocimientos:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los métodos matemáticos y cuantitativos deben ser apoyados en consideraciones de carácter cualitativo y de experiencia.

A pesar que las computadoras permitan resolver problemas más complejos, los modelos deben mantenerse dentro de un tamaño y tiempo de corrida razonables, para tener alguna flexibilidad.

No existe un único modelo para todos los propósitos cuando el tiempo, el espacio o una variable aleatoria dada, afectan en varios grados los diferentes aspectos de un problema.

Como consecuencia, los esfuerzos del ingeniero deberán tender a implementar modelos especializados que se ajusten en conjunto, en un cuerpo consistente, con el fin de realizar un análisis lógico y adaptado del problema, siguiendo por una síntesis de sus diferentes partes.

La prestación del servicio de electrificación para satisfacer en las necesidades de una ciudad en constante crecimiento es un gran reto. El avance tecnológico de los materiales para la fabricación de los conductores eléctricos a permitido mejorar la calidad de las instalaciones teniendo principalmente su desarrollo en los aislamientos de tipo sintético extruidos para cables de alta tensión, los mismos que han desplazado a los aislamientos de papel impregnado de aceite. Estos nuevos aislamientos han reducido el costo de los conductores y han simplificado su manejo, instalación y elaboración de empalmes y terminales, destacando entre otros: Polietileno vulcanizado de cadena cruzada (XLP) y polietileno de baja densidad y/o de alta densidad.

Los datos descriptivos que se presentan en este estudio, están respaldados en el trabajo práctico de instalación del cable de potencia con aislamiento sintético extruido a 85 KV, que alimenta desde la Subestación Patera de Luz y Fuerza del Centro a la Subestación Nacel de CONDUMEX, además fueron obtenidos directamente en campo, aprovechando las facilidades que en todo momento fueron otorgadas por Luz y Fuerza del Centro dentro de la Gerencia de Construcción en su sección de Obras Mecánicas; así mismo se apoyan en Normas Oficiales Mexicanas y de Luz y Fuerza del Centro, de catálogos, manuales y literatura referente al tema.

En lo referente a las pruebas de campo y puesta en servicio, sé tuvo la fortuna de participar en la mayoría de las mismas, en el desarrollo normal del

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

trabajo, por lo tanto muestran en el presente datos reales obtenidos de las citadas pruebas.

Todos los puntos descriptivos se complementan con conceptos teóricos, así como con comentarios propios y de técnicos especialistas en la materia, durante el tiempo de la instalación del cable de potencia que es objeto de este estudio.

Nuestro agradecimiento al grupo de Ingenieros y Empalmadores de Luz y Fuerza del Centro, por la amabilidad y extrema paciencia que siempre mostraron para contestar a todas la preguntas y orientarnos sobre la constitución y funcionamiento de los equipos que aquí se describen.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO I DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA OBRA

1.1. Obra civil del tendido del cable de potencia

La obra civil dentro de la instalación de un cable subterráneo se divide en tres partes principales:

- Tubería que contiene al cable.
- Pozos que alojan a los empalmes.
- Trincheras que reciben al cable de las subestaciones.

1.1.1 Tubería de policloruro de vinilo.

La tubería que aloja al cable de potencia se trata de un tubo de policloruro de vinilo (PVC) de 200 mm (8") de diámetro interior, color verde y espesor de 4.0 mm. En tramos de seis metros de longitud, con un extremo achaflanado por ambas caras y el otro extremo abocinado para cementar (fig. 1). Los tramos de tubería son rectos y curvos, los tubos curvos tienen determinado radio de circunferencia respetando siempre el radio mínimo de curvatura al cual puede ser doblado el cable de potencia.

Propiedades de la tubería de PVC

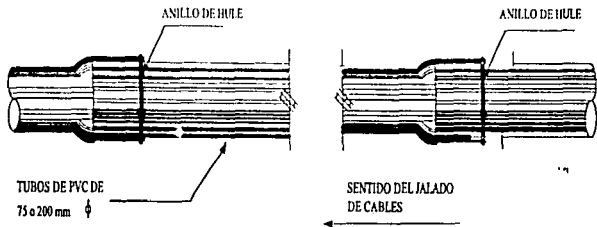
- Propiedades eléctricas

| | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Constante dieléctrica a 60 ciclos | 3.2 |
| Constante dieléctrica a 80 ciclos | 3.4 |
| Rigidez dieléctrica | 20 KV/mm ² |

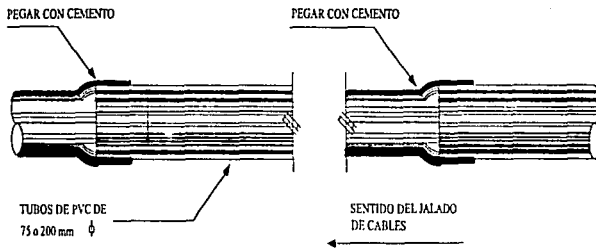
- Propiedades físicas

| | |
|------------------------------|-----------------|
| Color | Verde |
| Inflamabilidad | autoextinguible |
| Resistencia a los ácidos | excelente |
| Absorción de agua (48 horas) | menos de 0.5% |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



DETALLE DE UNION DE TUBOS
(CON ANILLO DE HULE O LIGA)



DETALLE DE UNION DE TUBOS
(SIN ANILLO DE HULE O LIGA)

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4A

| |
|---|
| FESC- C4 |
| ALIMENTACION A 85 KV SUBSTACION NACEL |
| FIGURA 1 - TUBERIA DE POLICLORURO DE VINILO |

- **Propiedades mecánicas**

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Peso específico | 1.35 – 1.45 g/cm ³ |
| Resistencia a la tensión | 632.7 Kg/cm ² |
| Resistencia a la flexión | 112.48 Kg/cm ² |
| Resistencia a la compresión | 105.45 Kg/cm ² |

1.2 Procedimiento constructivo obra civil-mecánica

1.2.1 Trayectoria de tendido

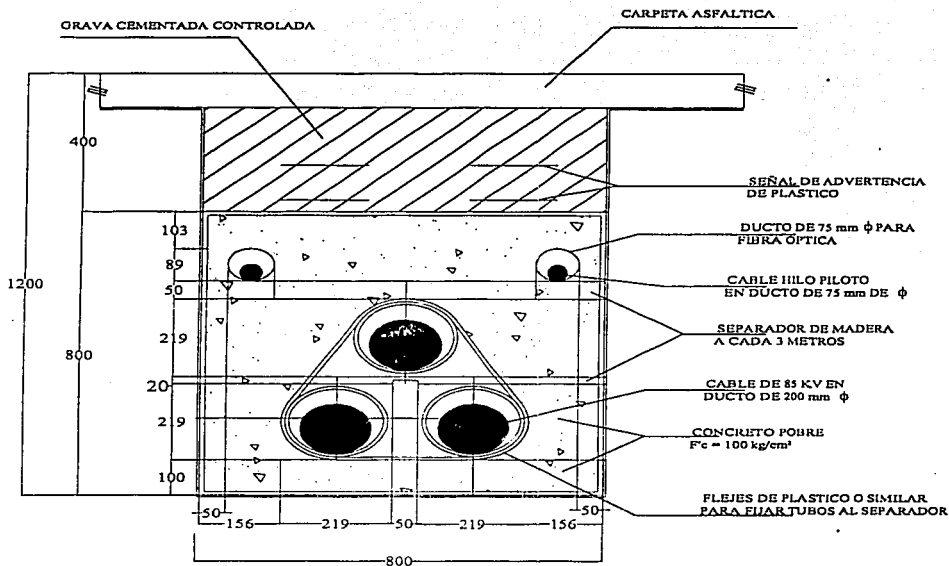
Las cepas de tendido son excavaciones que se realizan para instalar la tubería de PVC, las cuales tiene una profundidad mínima de 1.2 metros bajo nivel de piso terminado y llegando a tener hasta 10 metros en algunos casos, esto si se encuentran obstáculos en la ruta del tendido de tubería, y tiene en promedio un ancho de 0.8 metros, cuando se trata de un solo circuito, o de 1.40 metros cuando se trata de un circuito doble.

Es importante resaltar la diferencia que existe entre un circuito sencillo y circuito doble, cuando se habla de un solo circuito, se trata de una disposición tipo delta o en triangulo equilátero de los tubos de PVC (fig 2), y cuando se habla de un circuito doble, los tubos de PVC se colocan en doble delta. De esta forma, cada circuito se compone de tres cables para formar un sistema trifásico, acompañado cada uno por su conductor de tierra y su cable de hilo piloto. Cabe destacar que por cuestiones de diseño de las rutas de los dos circuitos, cada una de ellas parte en forma independiente saliendo de su respectiva subestación.

- Procedimientos constructivos

1. De acuerdo a los planos topográficos, se marca con pintura blanca el eje de las rutas, dependiendo si es para uno o dos circuitos, se va marcando el ancho de la excavación.
2. Se procede a cortar la carpeta asfáltica o el concreto según sea el caso.
3. En función de la cantidad de obstáculos que se localicen en el tramo por trabajar, la excavación se puede efectuar con equipo en forma manual con pico y pala.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



FESC-C4

FIG. 2 CORTE
TRANSVERSAL DEL
TENDIDO DE TUBERIA
PARA UN SOLO
CIRCUITO
ACOT. mm

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5 A

Si el material, producto de las excavaciones cumple con los requisitos especificando del relleno, se dejará una parte en el lugar para después utilizarlo como relleno; de no ser así se retira todo el material producto de la excavación.

4. Al terminar la excavación, a la profundidad especificada, las paredes de la trinchera deben ser estables; de no ser así, se colocan los troqueles que sean necesarios.
5. Realizada la excavación, se procede a colocar en el fondo de la trinchera una planilla de concreto de 5 cm de espesor de $f_c = 50 \text{ Kg/cm}^2$.
6. Enseguida se procede a instalar los tubos de PVC, colocando separadores de madera, dichos separadores se deben troquelar contra las paredes de la excavación para que no se muevan, se sujetan los tubos en los separadores con fleje de plástico o similar, a fin de evitar movimientos de éstos.

En la colocación de los tubos, se debe de poner especial cuidado referente hacia donde se introducirán los cables, ya que las campanas de los tubos deben quedar orientadas contra el sentido del jalado de los cables.

También se debe tener especial cuidado para que el interior de la tubería de PVC se encuentre limpia. De cualquier material dentro de la tubería, en el jalado resultaría dañado el cable, siendo su reparación lenta y costosa.

En el interior del tubo no debe haber aristas, se debe dejar en cada tubo una guía de alambre de acero de 3.2 mm de diámetro de una sola pieza entre pozo y pozo de empalme.

NOTA: Ver dibujos descriptivos en apéndice 1. (fig. 1).

7. Cuando en la ruta del cable se encuentren obstáculos, estos se deben librar con curvas verticales. Los tubos no deben tener un radio de curvatura menor de 15 metros.

NOTA: Ver dibujos descriptivos en apéndice 1. (fig. 2, 3, 4)

8. Colocados los tubos, teniendo en cuenta los cuidados citados, se procede a cubrirlos con concreto de $f_c = 50 \text{ kg/cm}^2$. Se debe tener cuidado para que durante el vaciado del concreto no se dañen los tubos de PVC.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9. Una vez vaciado el concreto se procede a rellenar con grava cementada, en capas de 15 cm de espesor, intercalando las cintas de advertencia.
10. Posteriormente se procede a colocar el asfalto o concreto que se haya retirado.
11. Durante todo el proceso constructivo se debe colocar el señalamiento adecuado a fin de evitar accidentes tanto peatonales como vehiculares.

NOTA: Ver dibujos descriptivos en apéndice 1. (fig. 5)

La distancia promedio que tiene la tubería colocada entre cada pozo de empalmes, oscila entre los 400 y 600 metros, esta distancia esta determinada por diferentes parámetros, por mencionar algunos tenemos:

- La distancia no puede ser mayor a 600 metros debido al manejo de los carretes que contienen al cable de potencia, ya que estos tienen un diseño específico en cuanto a volumen y capacidad de carga con relación al peso del cable (16 Kg/m).
- La distancia se reduce a medida que aumenta el número de curvas verticales y horizontales de la tubería que se pueden encontrar a lo largo de la ruta del cable, las curvas horizontales se utilizan para evitar obstáculos en las mismas, independientemente del tipo de curvas, estas presentan mayor esfuerzo mecánico al momento de realizar la instalación del cable, manifestando un aumento en la tensión de jalado del cable.

Estas tuberías invariablemente empiezan y terminan en pozos de empalme, salvo cuando la tubería se encuentra en los extremos de las subestaciones, donde termina o comienza en trincheras.

1.2.2 Pozos de empalme

Los pozos de empalme son el lugar en donde se realiza y alojan en forma definitiva los empalmes de los cables de potencia, su construcción se realiza mediante concreto armado con una resistencia de 250 Kg/cm², sus dimensiones son de 8.3 metros de largo por 1.7 metros de ancho cuando son pozos de un solo circuito, y de 12 metros de largo por 3.2 metros de ancho si el pozo es de dos circuitos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cada pozo es tapado por lozas de concreto armado de resistencias de 250 Kg/cm², estas lozas miden 1.0 metros de largo por 1.7 metros de ancho cuando son de un solo circuito, y de 1.0 metros de largo por 3.6 metros de ancho si son pozos de dos circuitos.

La profundidad de los pozos es de un mínimo de 0.9 metros y un máximo de 1.5 metros, variando según la geografía del lugar, es decir, depende completamente de las desviaciones que se realizan en forma vertical de los tubos de PVC para librar obstáculos en la ruta del cable.

NOTA: Ver dibujos descriptivos en apéndice 1. (fig. 6)

1.2.3 Trincheras

Las trincheras es el lugar donde se alojan los cables de potencia dentro de una subestación, estas son fabricadas en concreto armado y tiene una profundidad aproximada de 0.5 metros y un ancho de 0.4 metros. Su longitud es variable ya que depende de las modificaciones, tipos de arreglos y ubicación de las terminales dentro de las subestación; las trincheras cuentan con tapas de concreto armado cuya dimensión aproximada es de 0.5 metros de ancho y 0.3 metros de largo.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL CABLE DE POTENCIA A 85 KV

2.1 Especificación general del cable de potencia a 85 KV

Estas especificaciones se refieren, a los requerimientos mínimos que deben cumplir el cable unipolar de potencia, con conductor de aluminio o cobre, con aislamiento de etileno propileno (EP) o de polietileno de cadena cruzada (XLP) de alta densidad, utilizado para transmitir energía eléctrica a 85 KV en forma subterránea, instalado en ductos de PVC ahogados en concreto o en trinchera abierta.

2.1.1 Características de operación del sistema

| | |
|--|-------------------------------|
| - Tensión nominal entre fases | 230 KV |
| - Tipo de conexión | Delta |
| - Tensión máxima | 90 KV |
| - Frecuencia | 60 Hz |
| - Altitud de operación | 2300 m.s.n.m. |
| - Factor de carga promedio | 75 % |
| - Corto circuito máximo en subestaciones | 31.5 KA |
| - Nivel básico de aislamiento al impulso | 550 KV hasta 1000 m.s.n.m. |

Nota: El cable, terminales, empalmes y demás componentes deben soportar las condiciones de falla ocasionadas por el corto circuito máximo trifásico o de fase a tierra sin que sufra daño alguno durante 0.5 segundos.

f

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.2 Características de operación del cable de potencia

Sección transversal del conductor

La sección transversal debe conducir una potencia de 120 MVA en condiciones de operación normal y 144 MVA en condiciones de emergencia, de acuerdo con las secciones normalizadas indicadas en la Tabla No 1.

Tabla No 1.- Calibres y resistencia de conductores.

| Sección Nominal mm ² | Diámetro Mm | | Resistencia en C. D. a 20°C | |
|------------------------------------|----------------|--------|--------------------------------|---------------|
| | Mínimo | Máximo | Aluminio Ω/Km | Cobre Ω/Km |
| 400 (R.C.) | 22.9 | 24.6 | 0.0778 | 0.0457 |
| 500 (R.C.) | 25.7 | 27.6 | 0.0605 | 0.0366 |
| 630 (R.C.) | 29.3 | 31.5 | 0.0469 | 0.0290 |
| 800 (R.C.) | 33.5 | 36.6 | 0.0367 | 0.0221 |
| 1000 (S) | 38.0 | 40.4 | 0.0291 | 0.0176 |
| 1200 (S) | 41.0 | 45.0 | 0.0247 | 0.0151 |
| 1600 (S) | 42.8 | 52.2 | 0.0186 | 0.0113 |

R.C. = Redondo Compacto

S. = Segmental

Temperaturas de operación del conductor

La temperatura recomendadas de operación del conductor se define de acuerdo con las condiciones indicadas en la tabla No 2.

Tabla No 2.- Temperaturas de operación

| Condiciones de Operación | Temperatura Limite (%) °C |
|------------------------------|---------------------------------|
| En operación normal | 90-110 |
| En condiciones de sobrecarga | 120-130 |
| En corto circuito | 140-250 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Temperatura ambiente del terreno: 24 °C
- Profundidad de la instalación: 1.20 m
- Resistividad térmica equivalente del terreno: 120 °C cm/W
- Tipo de Instalación: En ductos de PVC de 150 ó 200 mm de diámetro ahogados en concreto pobre ($\rho_c = 100 \text{ Kg/cm}^3$)
- Disposición de los conductores con un circuito trifásico: (En ductos de PVC ahogados en concreto) Triangular con 25 cm separación mínima entre ejes de ductos
- Disposición de los conductores con dos circuitos trifásicos en paralelo (en ductos de PVC ahogados en concreto) Triangular con 85 cm de separación entre ejes de circuitos y 25 cm de separación mínima entre ejes de ductos
- Conexión de las pantallas metálicas Deben conectarse a tierra en un punto o en varios, de acuerdo con el proyecto específico.

2.1.3. Características de los componentes de un cable de potencia

Conductor

El conductor puede estar formado por alambres de aluminio o cobre:

- Cable de cobre suave con cableado concéntrico.
- Cable de cobre con cableado concéntrico compacto.
- Cable de aluminio con cableado concéntrico
- Cable de aluminio con cableado concéntrico compacto

Pantalla semiconductora sobre el conductor

Construcción

El conductor debe ser cubierto por una capa extruida de un material semiconductor negro, compatible con el aislamiento y el conductor, debe resistir una temperatura de operación igual o mayor que el aislamiento. Toda la superficie de contacto con el conductor debe ser continua, uniforme y firmemente adherida. Esta pantalla no debe tener ningún daño y debe ser compatible con los demás elementos del cable. La superficie exterior debe de ser de apariencia cilíndrica.

El espesor promedio de la pantalla semiconductora sobre el conductor debe ser mayor o igual al 5% del espesor promedio del aislamiento del cable.

Tabla No 3 .- Espesor de la pantalla semiconductora extruida sobre el conductor.

| Conductor | | Espesor | |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------------|
| Sección transversal mm ² | Calibre AWG/KCM | Promedio mínimo mm | Mínimo en un punto mm |
| 8.367 a 107.2 | 8 a 4/0 | 0.38 | 0.30 |
| 126.7 a 253.4 | 250 a 500 | 0.51 | 0.41 |
| 304.0 a 506.7 | 600 a 1000 | 0.64 | 0.51 |
| mayor de 506.7 | mayor de 1000 | 0.76 | 0.61 |

Puede usarse una capa semiconductora no higroscópica entre el conductor y la capa semiconductora extruida, al cual se fabrica a petición del comprador.

Características Físicas

Alargamiento por tensión a la ruptura
después de envejecimiento en horno a
121 +/- 1°C durante 18 horas

Valor mínimo 100%

Temperatura de fragilidad

-10 °C

Las capas extruidas sobre el conductor deben mostrar continuidad en todo el perímetro de cobertura. Se considera causa de rechazo cualquier falla en el recubrimiento continuo y completo por los materiales semiconductores, después de examinar con una lente de por lo menos quince aumentos para observar la continuidad.

La pantalla semiconductora sobre el conductor tiene la función de distribuir uniformemente el campo eléctrico en la superficie exterior del conductor, evitando con esto la concentración de esfuerzos eléctricos en la superficie del mismo.

Aislamiento del cable de potencia

El aislamiento debe ser una envoltura extruida de material de etileno-propileno (EP) de color claro de polietileno de cadena cruzada (XLP), ó polietileno de cadena cruzada retardante a las arborescencias XLP- TR. El

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

color del aislamiento debe estar en contraste con el color de la pantalla semiconductora del aislamiento tal que permita visualizar rápidamente cualquier partícula sobre el aislamiento.

Espesor de la pantalla semiconductora

Inferior o igual a 11 KV/mm a nivel del semiconductor interno y 5.5 KV/mm a nivel del semiconductor externo.

La selección del espesor de aislamiento del cable que debe utilizarse se hace en base a la tensión entre fases y de acuerdo a la categoría general del sistema a que se vaya a conectar, como se describe a continuación:

a) Categoría I (100 % nivel de aislamiento)

Los cables de esta categoría deben utilizarse en sistemas con neutro conectado sólidamente a tierra y provistos con dispositivos de protección tales que las fallas a tierra se eliminen tan pronto como sea posible.

b) Categoría II (133 % nivel de aislamiento)

Los cables de esta categoría corresponden para sistemas con neutro aislado. Estos cables pueden ser utilizados en los casos en que no puedan cumplirse los requisitos de eliminación de falla de la categoría I.

En los cables diseñados para sistemas trifásicos, la tensión nominal se expresa en función de la tensión entre fases. En cables diseñados para otros sistemas, la tensión se debe expresar en términos adecuados que indiquen claramente la tensión a través del aislamiento.

La tensión de operación entre fases puede exceder de la tensión nominal en 5 % durante la operación continua del cable, o en 10 % en un periodo no mayor de 15 minutos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Propiedades Físicas

Esfuerzo por tensión a la ruptura.
mínimo (Kg/cm²)

Alargamiento por tensión a la ruptura.
mínimo %

Envejecimiento a 121 °C +/- 1 °C durante 168 horas
retención de esfuerzo por tensión y alargamiento.
mínimo %

Alargamiento en caliente y deformación permanente a
150 °C +/- 2 °C:

Alargamiento máximo en %.

Deformación permanente máxima en %

| Material del Aislamiento | |
|--------------------------|-----|
| NLP | EP |
| 127 | 49 |
| 250 | 250 |
| 75 | 75 |
| 175 | 50 |
| 10 | 5 |

Pantalla semiconductora sobre el aislamiento del cable

El aislamiento debe ser cubierto por una capa extruida de un material semiconductor negro, compatible con el aislamiento y que soporte una temperatura igual o mayor a la del mismo aislamiento. El componente semiconductor puede consistir en una capa de material semiconductor extruido o bien de una cinta semiconductora o de ambos a la vez.

La capa semiconductora extruida es de material termofijo, la resistividad no debe exceder de 500m, cuando se mida a temperaturas: ambiente, 90°C y 110°C.

Propiedades Físicas

Alargamiento por tensión a la ruptura después de
envejecimiento en horno a 121 +/- 1 °C durante 168
horas, mínimo en %

Valor
Termoplástico

100

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Alargamiento por tensión a la ruptura después de envejecimiento en horno a 100 +/- 1°C durante 48 horas, mínimo en % 100

Temperatura de fragilidad en °C, no más caliente de: -10

La cinta semiconductora consiste en una tela no higroscópica de poliamida (nylón) o similar, a la que se aplica un compuesto polimérico semiconductor. Debe tener un espesor mínimo de 0.25 mm y se aplica helicoidalmente con un traslape mínimo de 25%.

Pantalla metálica sobre la semiconductora del aislamiento del cable

Sobre la pantalla semiconductora del aislamiento, debe disponerse de una pantalla metálica no magnética, continua eléctricamente y en contacto a lo largo de todo el cable con la pantalla semiconductora y debe aplicarse de tal forma que el cable pueda ser doblado a su radio de curvatura mínimo, sin afectar o interrumpir su continuidad eléctrica.

La pantalla metálica deberá ser capaz de:

- Poder conducir la corriente de corto circuito del sistema.
- Funcionar como una barrera adicional para impedir la penetración radial de agua al cable.
- Contribuir a mejorar la protección mecánica del cable.

La temperatura de la pantalla metálica después del corto circuito no debe exceder la temperatura permisible sin afectación de los componentes.

En caso de que la pantalla metálica sea de plomo, el espesor mínimo no debe ser menor de 1.8 mm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cubierta exterior del cable de potencia

La cubierta exterior debe ser de un compuesto extruido altamente resistente a la penetración del agua, sin burbujas, grumos o defectos, de color negro y puede ser de alguno de los siguientes materiales:

Polietileno de baja densidad o de alta densidad (LDPE, HDPE)

Policloruro de vinilo (PVC).

Polietileno de cadena cruzada (XLP).

El espesor promedio de la cubierta debe ser de 5.0 mm y el espesor mínimo en cualquier punto no debe ser menor de 4.0 mm.

2.1.4 Información técnica, instructivos y dibujos.

La información técnica debe presentarse en español y en el idioma de origen de acuerdo a lo siguiente:

Características técnicas detalladas de los materiales y equipos. La empresa instaladora deberá anexar documentos que indiquen que los cables y accesorios han sido calificados o certificados por algún laboratorio reconocido internacionalmente.

La empresa instaladora deberá mostrar una experiencia mínima de 5 años en la fabricación de cables con aislamiento extruido, empalmes y terminales para 85 KV y tener instalados como referencia por lo menos 50 Km de cable, 75 empalmes y 15 terminales.

La empresa instaladora deberá proporcionar catálogos, planos, dibujos e información general de los materiales y equipos cotizados. Las acotaciones en los planos y dibujos deben estar de acuerdo con la Norma Internacional de Medidas.

La empresa instaladora deberá proporcionar el reporte completo de pruebas tipo, del bien que se licita, para el voltaje que se solicita o el equivalente superior que maneje el fabricante, así como el Certificado de Sistema de Calidad ISO 9002.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Después de definido el proveedor, éste proporcionará la siguiente información:

- El proveedor proporcionará 8 juegos de los instructivos de instalación y mantenimiento.
- El proveedor deberá proporcionar 3 juegos de planos y dibujos para su revisión y aprobación, además reporte de pruebas de aceptación para ser revisadas y aprobadas por Ingeniería de la empresa instaladora.

2.1.5 Información sobre instalación del cable de potencia y accesorios

Equipos y herramientas para instalación

El fabricante deberá proporcionar, sobre la base de alquiler o venta, un listado del equipo o herramientas especiales que se requieran para la instalación del cable y sus accesorios, adjunto a un programa de tiempo de instalación y mano de obra.

La empresa encargada del proyecto e instalación deberá contar con experiencia demostrada en los siguientes aspectos: instalación del cable, elaboración de empalmes de los diferentes tipos, elaboración de terminales tipo intemperie, pruebas al cable, empalmes y terminales, operación y mantenimiento del sistema completo.

Además de incluir en su cotización, el programa de tiempo de instalación y mano de obra, con los técnicos que considere necesarios para asesorar y supervisar en el campo, las obras de instalación del cable y sus accesorios que realice y/o apoye el personal de Luz y Fuerza del Centro, considerando un solo frente de trabajo.

Este costo incluirá las tarifas diarias por los servicios de supervisión y montaje, los viáticos del supervisor, así como los días estimados para realizar el trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.6 Pruebas al cable de potencia y accesorios

Pruebas tipo

Las pruebas las debe efectuar el fabricante y/o la compañía instaladora para certificar que el cable y sus componentes cumplan con las características indicadas en las especificaciones y deben documentarse mediante un reporte completo de pruebas tipo en las que se deberá incluir:

- a) Prueba de doblez y enseguida prueba de descarga parciales
- b) Medición de la tangente
- c) Prueba de tensión con ciclos de calentamiento y enseguida una prueba de descargas parciales.
- d) Prueba de impulso por rayo y enseguida una prueba de tensión aplicada a la frecuencia del sistema 60 Hz

Pruebas de recepción

Las pruebas de recepción del cable son con cargo al proveedor de recepción, se realizan en sus instalaciones o en laboratorios debidamente acreditados cada vez que se presente un lote para entrega.

Pruebas de campo

A criterio de la empresa instaladora y previo acuerdo con el fabricante, después de la instalación del cable y antes de ser puesto en servicio, se pueden realizar las siguientes pruebas:

Prueba de integridad de la cubierta exterior

La cubierta exterior debe someterse a una tensión en corriente continua de 15 KV, durante 10 minutos, aplicada entre la pantalla metálica y tierra.

Pruebas del sistema completo del cable.

Para verificar la instalación del sistema completo, el cable y sus accesorios deben ser sometidos a una tensión en Corriente Alterna de 85 KV entre fases durante 24 horas. No debe de presentarse ninguna anomalía en todos los componentes del sistema del cable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.7 Información técnica requerida

Valores de garantía de cable de potencia y accesorios

El fabricante debe indicar en su información técnica los valores de garantía para los siguientes conceptos:

- a) Diámetro promedio sobre el aislamiento (mm)
- b) Resistividad térmica del aislamiento a 90 °C : $\frac{^{\circ}\text{C} - \text{cm}}{\text{W}}$
- c) Constante dieléctrica (SIC)
- d) Factor de potencia del aislamiento (tang) %
- e) Rigidez dieléctrica 60 Hz (KV/mm)
- f) Capacitancia a temperatura ambiente (MF/Km)
- g) Reactancia capacitiva a 60 Hz (Ohms / Km)
- h) Reactancia de secuencia positiva, negativa y cero (Ohms)
- i) Corriente de corto circuito en el conductor (KA)
 - A 0.1 s
 - A 0.2 s
 - A 0.5 s
- j) En la pantalla metálica
 - A 0.1 s
 - A 0.2 s
 - A 0.5 s
- k) Gradiente de voltaje máximo en el aislamiento (KV / mm)
- l) Resistividad térmica de la cubierta a 90 °C ($^{\circ}\text{C} - \text{cm} / \text{W}$)
- m) Diámetro sobre el conductor (mm)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- n) Diámetro sobre aislamiento (mm)
- o) Diámetro sobre pantalla metálica (mm)
- p) Diámetro sobre la cubierta exterior (diámetro total) (mm)
- q) Peso del cable (Kg/m)
- r) Dimensiones del carrete (mm)
- s) Peso del carrete (Kg)
- t) Radio mínimo de curvatura (mm)
- u) Tensión máxima de jalado del cable (Kg)
- v) Tensión máxima de jalado que soporta el tornillo con ojo (Kg)
- w) Presión lateral máxima que soporta el cable (Kg / m)

Datos técnicos del cable de potencia y accesorios

El fabricante debe incluir en su información los siguientes datos técnicos:

- a) Capacidad de conducción de corriente (Δ), para uno y dos circuitos en paralelo instalados en ductos de PVC encofrados en concreto pobre bajo las siguientes condiciones:
 - a 1) Con factor de carga del 100 %
 - a 2) Con factor de carga del 75 %
 - a 3) Con factor de carga del 50 %
 - a 4) En sobrecarga
- b) Resistencia eléctrica del conductor a la corriente alterna a 20 °C (ohms / Km)

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

- c) Resistencia eléctrica del conductor a la corriente continua a 20 °C (ohms / Km).
- d) Pérdidas a 60 Hz, a la tensión nominal de operación y a la temperatura de operación normal:
- | | |
|---------------------------------------|-------|
| di) Pérdidas dieléctricas | KW/Km |
| dii) Pérdidas en la pantalla metálica | KW/Km |
| diii) Pérdidas totales | KW/Km |
- e) Corriente permisible de corto circuito en el conductor y en la pantalla metálica para 8 y 16 ciclos (KA).
- f) Longitud de tramos máximos de fabricación (m)
- g) Peso neto del cable (Kg/m)
- h) Dimensiones y pesos de los carretes en los que serán enrollado el cable
- i) Tensión máxima de jalado del cable, en ductos de PVC (Kg)
- j) Longitud máxima de jalado en tramos rectos, en tubos de PVC (m)

2.1.8 Marcado de la cubierta exterior del cable de potencia

La cubierta exterior del cable debe estar marcada secuencialmente en toda su longitud, en forma legible y permanente, con caracteres realizados o hundidos con una distancia máxima sin marca de 0.30 m

Se deben marcar como mínimo los datos siguientes:

- Nombre del fabricante.
- Tipo de aislamiento (LDPE, HDPE o XLP).
- Calibre del conductor (400 mm²).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Material del conductor (Cobre o Aluminio)
- Tensión nominal (KV)
- Año de fabricación.
- Referencia de la Norma aplicada.

2.1.9 Empaque y embarque del cable de potencia y accesorios

El proveedor de acuerdo a su experiencia debe asegurarse de suministrar cada tramo de cable alojado en un carrete adecuado, con la rigidez mecánica suficiente para soportar el manejo durante su transporte e instalación y con las dimensiones máximas siguientes:

| | |
|-------------------------|-------|
| Diámetro del carrete | 3.6 m |
| Ancho total del carrete | 2.1 m |

Cada tramo de cable debe llevar en uno de sus extremos un tornillo de ojo sujeto al conductor y perfectamente sellado para evitar la entrada de humedad al conductor. La empresa instaladora definirá las longitudes del cable para cada carrete, una vez conocido el proveedor.

El proveedor debe anexar una lista de refacciones con las cantidades que según su experiencia sean necesarias para la operación y mantenimiento de los cables y sus accesorios.

2.1.10 Garantía del cable de potencia y accesorios

El fabricante debe garantizar que los materiales y mano de obra, empleados en la fabricación del cable y sus accesorios, son de primera calidad. Debe aceptar la obligación de reparar totalmente por su cuenta los tramos del cable que se encuentren defectuosos durante la instalación, o que fallen durante los primeros 18 meses de operación normal, por defecto de fabricación, diseño o mano de obra, o 24 meses a partir de la fecha de entrega en los almacenes de la empresa instaladora. La operación normal debe considerarse a partir de la fecha de puesta en servicio.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2.2 Características físicas y eléctricas del cable de potencia

2.2.1 Características físicas del cable de potencia

| Características Físicas | Espesor nominal mm | Diámetro aproximado mm |
|--|--------------------|------------------------|
| Conductor redondo compacto cobre 400 mm ² | - | 18.7 |
| Pantalla semiconductor sobre conductor | 1.3 | 21.3 |
| Aislamiento (XLP) | 19.8 | 69.9 |
| Pantalla semiconductor sobre el aislamiento | 1.3 | 72.6 |
| Pantalla de plomo aleado (Te - Cu) | 2.6 | 77.8 |
| Cubierta exterior de PVC | 3.5 | 84.8 |
| Peso neto aproximado | 6000 Kg/Km | |
| Radio de curvatura mínimo dinámico | 101.7 | |
| Radio de curvatura mínimo estático | 50.88 | |

2.2.2 Características eléctricas del cable de potencia

| | |
|---|-------------------------|
| Tipo de cable | Aislamiento XLP |
| Tensión nominal | 85 / 115 (138) KV |
| Sección nominal (Cobre) | 1 X 400 mm ² |
| Resistencia lineal por fase: - En corriente continua a 20 °C | 0.0220 Ω/Km |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| - En corriente alterna a 90 °C | 0.0280 Ω /Km |
| Capacitancia | 0.120 μ F/Km |
| Reactancia capacitiva | 0.205 Ω /Km |
| Impedancia | 0.212 Ω /Km |
| Pérdida por fase a 24 °C | I = 190 A |
| Pérdida en el conductor | 7500 W/Km |
| Pérdida en el dieléctrico | 420 W/Km |
| Pérdida en la pantalla metálica | 4017 W/Km |
| Pérdidas totales por fase | 11940 W/Km |
| Temperatura máxima en servicio | 80 °C |
| Temperatura en emergencia | 90 °C |

| | Factor de carga | 100% | 75% | 50% |
|--|-----------------|-------|-------|-------|
| Capacidad de conducción | | 305 A | 264 A | 190 A |
| Intensidades de corto circuito admisibles (KA) | | 0.5 s | 1 s | 2 s |
| En el conductor (°C....) | | 56.1 | 39.8 | 28.3 |
| En la pantalla metálica (°C....) | | 28.8 | 21.0 | 15.5 |

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPITULO III

TENSIONES Y LONGITUDES DE JALADO

3.1 Tensión máxima permisible de jalado

La tensión máxima que un cable puede resistir sin dañarse es difícil de determinar. En ocasiones se tiene la necesidad de instalar cables nuevos en ductos ya existentes con claro pequeño, pudiendo resultar esfuerzos peligrosos para el cable; se debe considerar que puede presentarse la posibilidad de daño por varias causas, incluyendo la deformación del cable por alargamiento excesivo del conductor y el desplazamiento de los componentes de la cubierta, por los jalones bruscos frecuentes o por la presión de la pared interna del ducto en secciones con curvas. En cables de media tensión, el alargamiento puede crear espacios vacíos, los cuales son punto de deterioro por el efecto corona.

El jalado de un cable en una trayectoria con varias curvas obviamente es más difícil el jalar un cable de la misma longitud, que en tramo recto.

Cuando se jala un cable a través de un tramo recto de un ducto, la tensión de jalado es directamente proporcional a la longitud y al peso del cable.

3.1.1 Tensión de jalado permisible para cable

En la tabla No 1 se dan las tensiones de jalado, en Kg/mm², para cables con perno de tracción colocado en el conductor.

Tabla No1. Tensiones de jalado para cables con perno de tracción colocado en el conductor.

| Material | Tipo de cable | Temple | Tensión T (Kg/mm ²) |
|----------|---------------------|----------|---------------------------------|
| Cobre | VULCANEL y SINTENAX | Suave | 7.16 |
| Aluminio | VULCANEL (EP, XLP) | 3/4 Duro | 5.37 |
| Aluminio | VULCANEL (EP, XLP) | Suave | 2.7 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La tensión no deberá exceder a lo que se obtenga mediante la siguiente fórmula:

$$T_m = T \times n \times A$$

Donde:

- T_m = Tensión máxima permisible en Kg
 T = Tensión, en Kg/mm², para el material de que se trate
 n = Número de conductores
 A = Área de cada conductor en mm²

Sin embargo la tensión máxima no debe ser mayor de 2200 Kg, para cables monofásicos o 2700 Kg, para cables formados por dos o más conductores con calibres 8AWG y mayores.

3.1.2 Consideraciones para cables que deban jalarse con malla de acero (calectin) sobre la cubierta:

- a) Cables con cubierta de plomo: la tensión máxima será de 1.05 de la sección transversal de plomo, en Kg/mm². La siguiente fórmula ayuda a calcular la tensión máxima:

$$T_m = K (d - t)$$

Donde:

- T_m = Tensión máxima sobre la cubierta, en Kg
 K = 3.31 para cables con cubierta de plomo y 2.21 para otras cubiertas, en mm
 T = Tensión, en Kg/mm², para el material de que se trate
 t = espesor de la cubierta en mm
 d = diámetro sobre la cubierta en mm

- b) Cable sin cubierta de plomo: la tensión máxima de jalado no deberá ser mayor que 0.7 de la sección transversal de la cubierta en Kg/mm², y, por su puesto no deberá exceder a la tensión calculada en la fórmula anterior, siendo la máxima de 450 Kg.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2 Cálculos para jalado de cables

Las siguientes fórmulas se usan para calcular la tensión de jalado de cables de energía en tramos rectos y con curvas.

- Jalado horizontal:

$$\text{Tramo recto } T = \omega f L W$$

$$\text{Longitud máxima } L_m = \frac{T_m}{\omega f W}$$

- Jalado inclinado (donde A es el ángulo con la horizontal)

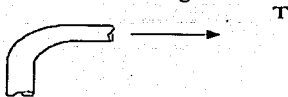
$$\text{Hacia arriba } T = WL (\text{sen } A + \omega f \cos A)$$

$$\text{Hacia abajo } T = WL (\text{sen } A - \omega f \cos A)$$

- Curva horizontal (donde θ es el ángulo considerado):

$$T_s = T_c \cosh \omega f \theta + \text{senh } \omega f \theta \sqrt{(T_c)^2 + (WR)^2}$$

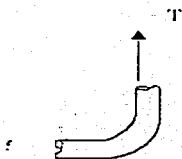
- Curva vertical, jalado hacia arriba:
Cóncava con el ángulo hacia abajo



$$T_s = T_c e^{\omega f \theta} + \frac{WR}{1 + (\omega f)^2} [2 \omega f e^{\omega f \theta} \text{sen } \theta + (1 - \omega^2 f^2)(1 - e^{-\omega f \theta} \cos \theta)]$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

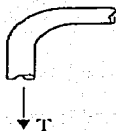
Cóncava con el ángulo hacia arriba:



$$T_s = T_c e^{\omega f \theta} + \frac{W R}{1 + (\omega f)^2} [2 \omega f e^{\omega f \theta} \sin \theta - (1 - \omega^2 f^2) (1 - e^{\omega f \theta} - \cos \theta)]$$

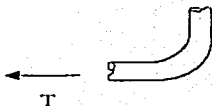
- Curva vertical, jalado hacia abajo:

Cóncava con el ángulo hacia abajo:



$$T_s = T_c e^{\omega f \theta} + \frac{W R}{1 + (\omega f)^2} [2 \omega f \sin \theta - (1 - \omega^2 f^2) (e^{\omega f \theta} - \cos \theta)]$$

Cóncava con el ángulo hacia arriba:



$$T_s = T_c e^{\omega f \theta} - \frac{W R}{1 + (\omega f)^2} [2 \omega f e^{\omega f \theta} \sin \theta + (1 - \omega^2 f^2) (1 - e^{\omega f \theta} - \cos \theta)]$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

-Aproximaciones para curvas:

Si $T_e > 10 WR$ entonces $T_s = T_e e^{\omega f \theta}$

Nota:

Si $T_s < 0$, use cero como tensión para el tramo siguiente del tendido.

En las fórmulas de esta sección:

T = tensión de jalado en Kg

L = longitud del ducto en m

W = peso total del cable en Kg/m

T_m = tensión máxima en Kg

ω = factor de corrección por peso

A = ángulo con la horizontal en radianes

f = coeficiente de fricción (generalmente se toma como 0.5)

T_s = tensión en la salida de la curva en Kg

T_e = tensión a la entrada de la curva en Kg

θ = ángulo de la curva en radianes

R = radio de la curva en m

e = base de los logaritmos naturales (2.718)

En la tabla No 2 se tiene una lista de los valores de $e^{\omega f \theta}$ para los ángulos más comunes y cuando $T_e > 10 WR$, $\omega = 1$

Tabla No 2. Valores de $e^{\omega f \theta}$

| Angulo de la curva en grados | f = 0.4 | f = 0.5 | f = 0.75 |
|------------------------------|---------|---------|----------|
| 15 | 1.11 | 1.14 | 1.22 |
| 30 | 1.23 | 1.30 | 1.48 |
| 45 | 1.37 | 1.48 | 1.81 |
| 60 | 1.52 | 1.68 | 2.20 |
| 75 | 1.70 | 1.93 | 2.68 |
| 90 | 1.88 | 2.19 | 3.24 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3 Presión lateral en curvas

La presión lateral es la fuerza radial ejercida en el aislamiento y cubierta de un cable en una curva, cuando el cable está bajo tensión (fig. 3). Excediendo la máxima presión lateral permisible, el cable puede dañarse por aplastamiento.

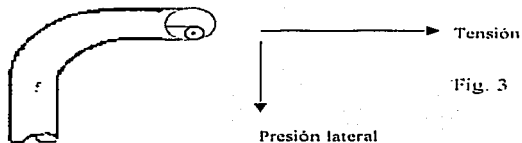


Fig. 3 presión lateral en curvas.

Puede usarse la fórmula siguiente para determinar la presión lateral, dependiendo de la geometría.

Un cable por ducto



$$PL = \frac{T_s}{R}$$

Donde:

PL = presión lateral en curva en Kg/m
 Ts = Tensión a la salida de la curva en Kg
 R = Radio de la curva en m

Pruebas de laboratorio indican que no hay cambios significativos en los parámetros eléctricos de los cables, cuando estos han sido sometidos a tensiones de jalado en ductos con curvas hasta de 90° y con radios apropiados, con las presiones laterales, expresadas en Kg/m del radio de la curva, que se dan en la tabla No 3.

Tabla No 3. Presiones laterales

| Tipo de cable | Presión lateral Kg / m |
|-------------------------------|------------------------|
| SINTENAX y VULCANEL 5-15 KV | 745 |
| SINTENAX y VULCANEL 25- 35 KV | 445 |
| ARMAFLEX | 445 |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4 Recomendaciones

Se necesitan las recomendaciones siguientes para evitar que el esfuerzo de tensión exceda los valores permisibles:

- a) La verificación continua de la tensión por medio de un medidor (dinamómetro) colocado en el cable guía.
- b) Colocar un dispositivo que interrumpa la tensión si llegase a exceder los valores máximos permisibles.
- c) El cable de energía y el cable guía deben apoyarse por medio de poleas y rodillos especialmente en las curvas, para reducir la tensión del jalado. Los rodillos de curvatura de los dispositivos, deberán ser lo suficientemente grandes para evitar que sufra daño el cable.
- d) Usar lubricantes adecuados en la instalación del cable para reducir la tensión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CABLE 85 KV PATERA-NACEL
TENSIONES MECÁNICAS Y SENTIDOS DE JALADO

| Tramo | Kilometraje (km) | | Distancia entre pozos (m) | Longitud equivalente | Tensión de jalado (ke) | Sentido de jalado del cable y ensamble de ductos de PVC |
|----------------------|---------------------|----------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|--|
| S.E. Patera - Pozo 1 | 0+000.00 | 0+440.62 | 440.62 | 592.22 | 2334.07 | S.E. Patera - Pozo 1 |
| Pozo 1 - Pozo 2 | 0+440.62 | 0+868.20 | 427.58 | 442.74 | 1740.28 | Pozo 2 - Pozo 1 |
| Pozo 2 - Pozo 3 | 0+868.20 | 1+298.13 | 429.93 | 475.98 | 1871.00 | Pozo 2 - Pozo 3 |
| Pozo 3 - Pozo 4 | 1+298.13 | 1+766.13 | 468.00 | 483.24 | 1899.13 | Pozo 3 - Pozo 4 |
| Pozo 4 - S.E. Nacel | 1+766.13 | 2+236.55 | 470.42 | 588.77 | 2358.37 | Pozo 4 - S.E. Nacel |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO IV

TRANSPORTE, MANEJO E INSTALACIÓN DEL CABLE DE POTENCIA

4.1 Transporte y manejo del cable de potencia

El primer paso para lograr una buena instalación de cualquier cable es transportarlo, recibirlo, y almacenarlo correctamente para que no sufra ningún daño que posteriormente pueda afectar su adecuada operación:

4.1.1 Transporte

Los carretes que contienen al cable pueden transportarse utilizando vehículos de carga como camiones, ferrocarriles e inclusive como en nuestro caso por barco, observando las siguientes precauciones:

- a) Los carretes se deben de colocar parados en posición vertical, es decir, sobre ambas bridas y nunca sobre una de ellas ni apilarse unos sobre otros.
- b) Los carretes deben de acomodarse de manera que las bridas de un carrete se recargue contra las bridas y no contra el cable de otros carretes.
- c) Fijar los carretes al transporte utilizando cuerdas o cadenas que se tienen que hacer pasar por el barreno central del carrete y bloqueándolos por medio de cuñas de madera para impedir que rueden o que se golpeen entre sí. Evitar clavar bloques de madera en las bridas del carrete ya que los clavos pueden atravesar las protecciones y dañarse los cables.
- d) No rodar los carretes con cables. Si es indispensable hacerlo, que sea en distancias cortas, sobre terreno plano, duro y libre de piedras o clavos y en el sentido contrario al del embobinado del cable (o bien en el sentido de la flecha marcada en el carrete). No apalancarse contra el cable al hacer rodar el carrete.
- e) Nunca dejar caer el carrete para bajarlo del vehículo que transporta. En vez de ello, para las maniobras de carga y descarga, se puede optar por algunas de las siguientes alternativas:
 - Usar una rampa de descarga, haciendo rodar el carrete como antes se indicó (carretes pequeños).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Utilizar un montacargas con cuchillas grandes sentando el carrete de modo que su eje quede paralelo a ala dirección de avance del montacargas. Vigilar que las cuchillas soporten ambas bridas del carrete y evitar que ellas lastimen al cable o a la protección del carrete.
- Emplear una grúa (carretes de mayor peso y dimensiones) insertando una flecha sólida de acero a través del barreno central del carrete y levantándolo con una eslinga de cable de acero de hilos de nylon que cuenten con una barra espaciadora (balancín), la cual sirve para eliminar la presión de las esligas sobre las bridas del carrete (fig. 4).

Si no se cuenta con alguna de las alternativas anteriores, se puede improvisar una rampa con tablonces y con pendientes suaves, al final de la cual se puede colocar un montón de arena para que actúe como freno al carrete.

4.1.2 Recepción

Una vez que tienen los carretes en el lugar donde se van a almacenar se verifican los datos de la etiqueta que contienen los carretes: tensión de operación, calibre, longitud, peso, orden de compra, fecha de elaboración y otros datos comerciales de la remisión.

Además se debe realizar una inspección del estado físico de los carretes, si estos no cuentan con protección para el cable, se debe revisar: que el carrete no este quebrado, bridas no astilladas, embobinados firmes en la última capa del cable y sin daños mecánicos, puntas amarradas y selladas convenientemente. Cuando el carrete se encuentra entablillado o protegido con lámina (como es el caso del cable utilizado), revisar que la protección de tiras de madera o de lámina este completa. Esta protección no debe retirarse sino hasta que se instale el cable.

4.1.3 Almacenaje

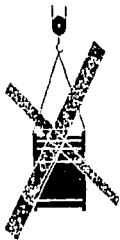
Los cables de potencia en carretes en forma general, pueden ser almacenados tanto a la intemperie como bajo techo. Para el caso particular del cable utilizado para alimentar a la subestación Nacel.

En cualquier caso en el área de almacenaje, se debe de evitar que los cables puedan ser dañados por el paso de vehículos o maquinaria o hasta por el mismo personal. Para tal efecto, se pueden utilizar barreras de protección

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

34.A



UAM - FESC 4
ALIMENTACION A 85 KV DE
S E PATERA A S E NACEL
FIG 4 CARGA DE CARRETES
DE CABLE DE POTENCIA

adecuadas. Los cables deben almacenarse en lugares alejados de fuentes intensas de calor o en donde queden libres de la caída de objetos pesados.

El área de almacenamiento debe tener un piso firme, plano y libre de obstáculos, además debe estar seco o contar con un drenaje apropiado. Se debe evitar la presencia de roedores, de polilla, así como de la posibilidad de que el cable pueda sufrir directamente la acción de productos químicos o de derivados del petróleo.

Los carretes deben de colocarse siempre en posición vertical y hacer uso de cuñas de madera para evitar que se rueden.

Si los cables se han de almacenar a la intemperie, evitar áreas inundables. En lugares húmedos los carretes se deben colocar sobre tarimas o durmientes de madera para evitar los efectos dañinos de la luz y la intemperie (decoloración de cubiertas y degradación de algunos aislamientos expuestos).

El entablillado o las láminas que cubren a los carretes son protección suficiente cuando éstos deben almacenarse a la intemperie por un tiempo prolongado. En cualquier caso conviene cubrirlos con una lona o plástico oscuro para evitar los efectos dañinos de la luz solar y la intemperie (decoloración de cubiertas y degradación de algunos aislamientos expuestos).

Las puntas de los cables deben de mantenerse selladas y sujetas al carrete durante su almacenamiento, se debe impedir que las puntas se golpeen contra el suelo. Si se corta un tramo de cable se debe sellar nuevamente la punta para evitar la entrada de humedad; este sello se hace por medio de capuchones de hule termocontráctiles, de cintas autovulcanizantes o de algún otro medio similar. Si los cables cuentan con ojos o de anillos de tracción, no se debe de cortar, si no hasta después de la instalación.

Si el tiempo entre la recepción y la instalación (tiempo de almacenamiento) es demasiado prolongado, se debe revisar periódicamente el estado de los cables para poder tomar medidas de prevención adecuada (presencia de roedores, humedad, acción de la luz solar, etc.).

Si un carrete esta dañado y ya no se puede reparar, lo mejor es reembobinar el cable en otro carrete en buen estado para evitar así lastimar el cable durante su instalación, siempre y cuando el cable de potencia y su longitud lo permitan, normalmente cuando se trata de cable de potencia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

subterráneo los carretes se construyen de tal forma que son a prueba de casi todo, y si presentaran daño como golpes o caídas, estos se deforman, pero siempre las deformaciones permiten la instalación del cable de potencia.

4.2 Instalación del cable de potencia

Los conductores aislados son los únicos componentes de un sistema eléctrico que, durante su manejo, son doblados, jalados, dejados a la intemperie y enterrados aparentemente sin causarles perjuicios. Otros componentes pueden soportar bien una o dos de estas operaciones pero no todas. De este modo, muchos instaladores de cables aislados tienen la idea de que estos son "a prueba de todo" en lo que se refiere a las acciones mecánicas. De hecho, los cables soportan bastante bien este manejo, pero es evidente que existen limitaciones cuyo desconocimiento es la causa principal de la mayoría de los problemas que se presentan posteriormente durante su operación.

En esta sección se analizan brevemente las alternativas más usuales que existen para instalar cables de energía aislados, tratando de resaltar sus ventajas y limitaciones así como las diferencias fundamentales que se presentan entre los distintos tipos de instalación. Además se dan recomendaciones generales en cuanto a los métodos de instalación correspondientes a las diferentes alternativas analizadas.

4.2.1 Tipos de instalación

La sección del tipo de instalación para los cables de energía aislados, se debe de hacer tomando en cuenta factores tales como:

- Parámetros del sistema (tensión, longitud de línea, etc.)
- Costos
- Confiabilidad deseada.
- Limitaciones de espacio.
- Facilidad de espacio y mantenimiento.
- Estética.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los tipos de instalación entre los que puede optar el proyectista, contratista o supervisor de obra eléctrica son:

- Instalaciones de cables al aire.
- Instalaciones de cable enterrados.

Instalaciones de cables aislados al aire.

Los cables, así como su estructura que los soportan están en contacto con el aire (ya sea a la intemperie o bajo techo), se trata generalmente de instalaciones elevadas. Como modalidades de este tipo se pueden citar:

- Cables colgados en postes: la tensión mecánica requerida para mantenerlos suspendidos la proporcionan los conductores mismos o un cable mensajero adicional que forman parte del conjunto (cables autosoportados). Ofrecen bajo costo inicial pero también las desventajas de las líneas aéreas en postería.
- Cables en charolas metálicas: Existen charolas continuas, con y sin tapas, así como charolas tipo escalera. Se fabrican de acero galvanizado o de aluminio. Su instalación requiere de un puente de servicios o de una estructura continua a la cual fijarse. Este tipo de instalación ofrece moderado costo y gran versatilidad.
- Cables en tubería conduit metálica. Se utilizan principalmente en áreas con riesgo de explosión, es menos versátil y permite menos capacidad de conducción de corriente, para un mismo número y calibre de conductores, que la instalación en charola.

Instalaciones de cables enterrados:

En estas instalaciones, los cables aislados van colocados bajo tierra, razón por la cual ofrecen algunas ventajas respecto a los cables al aire, como son:

- Inmunidad a agentes climatológicos (lluvias, huracanes, descargas eléctricas, nevadas, etc.)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Inmunidad a accidentes de tráfico (choques, paso de vehículos altos, etc.)
- Mayor seguridad contra vandalismo y sabotaje.
- No estropean el ambiente ya que van ocultos.

A su vez los sistemas subterráneos, en relación con los aéreos implican más alto costo inicial así como un mayor grado de dificultad para localizar y reparar fallas.

Bajo tierra, los cables pueden instalarse en varias formas:

- Enterrados directamente: se abre una zanja, se tiende en ellas los cables y se rellena de nuevo con el terreno nativo o con arena térmica. Los cables quedan completamente rodeados y en contacto con el terreno. Permite una gran capacidad de conducción de corriente de los mismos.
- En ductos enterrados: Se abre una zanja, se colocan y fijan los ductos y se rellena de nuevo la zanja, ya sea con el terreno nativo o con arena térmica. Los ductos pueden también ir embebidos en concreto, en cuyo caso se trata de una instalación en banco de ductos. Colocado todo el sistema de ductos y construidos los pozos de empalmes, se instala el cable, introduciéndolo en ellos. Proporciona excelente protección a los cables.
- En trincheras, se abre una zanja, se recubre interiormente con una capa de concreto y se hace una preparación para colocar tapas a todo lo largo. Estas tapas pueden ser lámina o lozas de concreto que pueden retirarse fácilmente. Los cables se colocan en el fondo de la trinchera. Esta forma de instalación permite un rápido acceso a los cables, facilitando el mantenimiento de los mismos.

4.2.2 Cables instalado en ductos

Partiendo del hecho de que los ductos fueron instalados del tamaño adecuado, en configuración y con distancias entre pozos convenientes, nivelando y drenados correctamente, lo primero por hacer es librar los pozos de materiales, madera etc., para dejarlos limpios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Revisar las bocas de los ductos, eliminando filos y puntas que puedan dañar los cables. Tender las guías y hacer limpieza interior de los ductos con un ratón de yute que se arrastra a través del ducto por medio de la guía. Esto con el fin de eliminar asperezas interiores, descubrir tramos desalineados, sacar animales anidados, etc. La guía puede ser de acero o una cuerda de manila o de plástico con resistencia suficiente para soportar la tensión de jalado. Colocar dentro de los pozos las estructuras y las poleas que se usarán para el jalado desde el exterior, de forma tal que la guía jale en el mismo sentido de las campanas del ducto.

Para el jalado del cable, hay que colocarle un medio de sujeción que puede ser un ojo de jalado soldado o prensado al conductor o bien una manga tejida de acero (calceín) que se ajusta al cable mientras que hay mangas que pueden colocarse en lugares intermedios y deslizarse con solo aflojar la tensión, por lo que pueden ser útiles como auxiliares de jalado o como soportes permanentes en puntos intermedios.

El jalado debe hacerse sin rebasar los límites de tensión impuestos por las dimensiones y tipo de cable así como por accesorios de jalado y manteniendo una velocidad lenta pero constante. La tensión se obtiene por medio de un malacate de tracción con buen control de velocidad o de personas, cuando las longitudes y los cables livianos. Para disminuir la fuerza necesaria se puede usar los lubricantes recomendados.

En los pozos de empalme conviene dejar tramos de cables de la misma longitud del pozo, que permita la elaboración de empalmes, acomodarlos en los pozos para en algún caso trabajar dentro de éstos, ya sea para reparación, tendido de más líneas, mantenimiento, etc.

Las bocas de los ductos, tanto ocupados como vacíos, deben ser tapados con una masilla apropiada (no usar asfalto), para evitar la penetración de animales, especialmente de roedores, normalmente se utilizan yeso con estopa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.3 Limpieza de ductos subterráneos

Los trabajos relacionados con el tendido del cable de potencia se puede generalizar en los siguientes puntos:

Ratoneado de tubería.

El ratoneo de tubería de PVC no es más que la limpieza y verificación del correcto estado interior de la tubería, esto se lleva a cabo con un dispositivo llamado "ratón" (fig. 5), este esta compuesto de discos de neolite ajustado al diámetro del tubo a probar y son colocados entre dos discos de lámina galvanizada de diámetro ligeramente menor al disco de neolite.

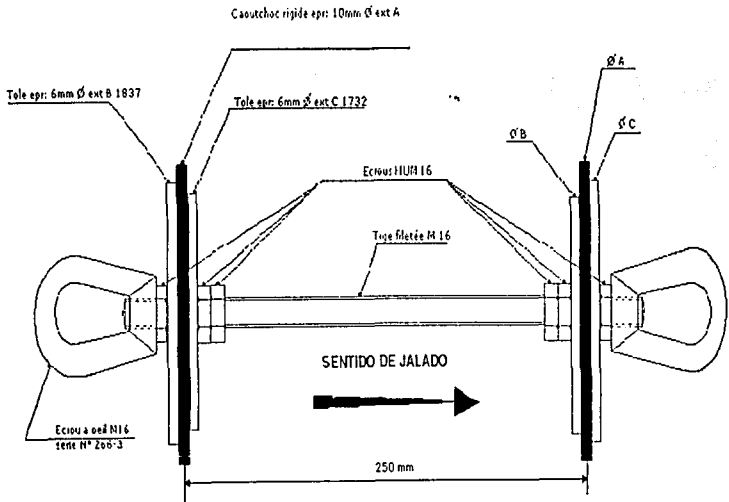
La finalidad del disco de neolite es la de limpiar el interior del tubo arrastrado consigo todo cuerpo extraño que se encuentre a su paso. Los disco de lámina galvanizada tienen una doble función, primero proporcionar la resistencia mecánica necesaria al neolite dada la alta flexibilidad del mismo y la más importante es cuando se presenta alguna deformación en el tubo que se puede deber a golpes o compresiones de los soportes de madera al momento de vaciado de concreto; cuando se presenta una deformación en el tubo, el paso del ratón es bloqueado por lo cual se requiere de una fuerza mayor para hacerlo pasar en el lugar de la falla, al momento de librar la falla, el neolite y la lámina galvanizada también sufre la deformación que presenta el tubo, el neolite y la lámina galvanizada también sufre la deformación que presenta el tubo, el neolite por las características del material tiende a regresar a su forma original no permitiendo apreciar la magnitud de la deformación presente en el tubo, no así con la lámina galvanizada la cual al deformarse se conserva en tal posición y al terminar el ratoneado se aprecia la deformación del tubo, lo que permite valorar si es necesario repararlo o bien dicha deformación permite el paso libre del cable a través del mismo.

Cambio de guía.

Aprovechando el trabajo de ratoneo de la tubería se cambia conjuntamente la guía de alambre galvanizada por una guía de un malacate neumático cuyo espesor es de 3/8 de pulgada la cual es sujeta al otro extremo del ratón, al ser jalado arrastra consigo a esta guía del malacate neumático.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM - FESC 4
ALIMENTACION A 85% V DE
SE PATERA A SE HACEL
FIG. 5 INSTRUMENTO DE
LIMPIEZA INTERIOR DE
TUBERIA DE PVC

La función de este malacate neumático es la de recuperar el malacate de tracción con motor a gasolina que se encuentra colocado en el otro extremo de la tubería es decir en otro pozo de empalme, el cable de acero del torno malacate es de aproximadamente 1 ½ pulgada de diámetro y puede alcanzar una tensión de hasta 15 000 kg.

Una vez que la guía de malacate neumático es acoplada al cable del malacate de tracción se procede a recuperar la guía del malacate neumático en sentido contrario al jalado del cable, hasta poder llevar la punta del malacate de tracción hasta el pozo donde se encuentran los carretes de cable de potencia.

4.2.4 Procedimiento de instalación del cable de potencia

A continuación se enuncian los puntos principales a seguir durante la instalación de un cable de potencia. Se debe aclarar que los procedimientos que se llevan a cabo, siempre siguen un patrón determinado, sin importar la tensión mecánica de operación del cable; lo anterior se basa en la experiencia por parte del personal de la empresa instaladora.

1. Colocar el equipo, dispositivo y materiales en los lugares previamente establecidos, incluyendo los de protección y señalización externa.
2. Se debe distribuir al personal a lo largo de la trayectoria del cable, para que se vigile al mismo con el fin de evitar posibles daños por caída de troqueles, roce del cable, etc.
3. Serán colocados en un lugar visible (generalmente sobre el malacate de tracción), un dinamómetro y un cuenta metros, para poder medir la tensión de jalado y la longitud durante la instalación del cable de potencia.
4. Antes de iniciar el jalado del cable de potencia, se debe realizar una inspección final a toda la instalación (pozos, poleas, rodillos, troqueles, estado físico del cable, etc.).
5. Se mantendrá el equipo adecuado de comunicación inalámbrica entre las zonas de carretes y la zona del malacate de tracción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6. En el pozo de malacate de tracción, se colocarán y se fijaran los dispositivos que permitan orientar el cable guía, el cable del malacate neumático y el cable de potencia.
7. Se jala el cable de acero del equipo de tracción (malacate), usando la guía del malacate neumático que previamente se instaló, pasándolo a través de los ductos del PVC, hasta llegar al pozo de los carretes.
8. Se colocan y fijan los dispositivos para el tendido del cable de potencia en el pozo de los carretes y se introduce la punta del cable en los ductos de PVC.
9. La preparación de la punta del cable se puede hacer por medio de un calcetín o con un ojo de tracción, previamente instalado en fábrica, cualquiera de estos dos elementos se acopla a un destoreedor que servirá para absorber la torsión del cable de acero en el momento de aplicar la tensión de jalado.
10. Dependiendo del peso del cable de potencia, se dispondrá de una o dos personas en el carrete para ayudarlo a que gire durante la instalación o bien frenarlo para impedir que la inercia del movimiento del carrete forme "cocas" en el cable de potencia, lo que podría provocar que el cable golpee el piso ocasionando daños en la cubierta exterior del cable de potencia.
11. Se inicia el jalado del cable de potencia bajo instrucciones del personal técnico, coordinando las operaciones tanto en la zona de carretes, como en la zona del equipo de tracción. Se recomienda que aparte de utilizar equipos de comunicación inalámbrica (radios receptores y transmisores), apoyarse con banderines cuando la ubicación de los dos pozos lo permita.
12. Al inicio y durante el jalado del cable de potencia, este deberá untarse con suficiente lubricante (bentonita, talco industrial, etc.), esto permitirá reducir la fricción que se produce entre el cable y los ductos de PVC y de esta forma mantener en valores bajos la tensión de jalado.
13. el malacate de tracción tiene la cualidad de poder variar la velocidad de jalado, si por alguna causa fuese necesario detener el tendido de cable, la reanudación del jalado deberá ser a una velocidad muy baja, procurando evitar la presencia de tensión de jalado muy altas. La velocidad normal de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

jalado del cable de potencia no deberá de sobrepasar los quince metros por minuto y la tensión del cable no debe exceder los valores calculados previamente.

14. Debido a que la longitud máxima para instalar el cable de potencia esta limitada por la tensión de jalado y por la trayectoria del tendido de tubo, es conveniente verificar la máxima tensión permisible para evitar que el cable sufra daños por elongación.
15. Es recomendable dejar una cantidad de cable extra en los pozos de empalme y en las subestaciones donde se realizarán las terminales, esto permitirá tener una reserva para poder solventar posibles fallas que se presenten durante su operación.
16. Una vez que se ha terminado la instalación de un tramo de cable de potencia, habrá que revisar sus extremos para verificar que el sello de los mismos sean correctos, si es necesario cortar el cable o si alguno de los sellos se encuentran dañados, se debe colocar un capuchón termorretráctil y sellar con cinta para evitar la posible penetración de la humedad al cable de potencia.

4.3 Empalmes, terminales y accesorios del cable de potencia

Se entiende por empalme: la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen a un cable de potencia aislado, protegido mecánicamente por una cubierta o carcasa.

La confiabilidad de un empalme para cables con aislamiento extruido depende de varios factores, entre los que destaca la calidad de los materiales empleados, el diseño y la mano de obra de instalación. La selección de los materiales debe estar apoyada en pruebas de evaluación para incorporarlos a la geometría del diseño y hacer que los esfuerzos dieléctricos presentes sean de magnitudes tolerables.

Es necesario que en el diseño de un empalme se considere que los materiales utilizados deben ser compatibles con los elementos constitutivos del cable que se unirá, y que estos materiales deben efectuar satisfactoriamente la función que desempeña sus homólogos en el cable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existen varios tipos de empalme, los cuales son identificables considerando los materiales utilizados y la forma en que se aplica para restituir el aislamiento de los cables por unir, de esta manera se conocen los siguientes tipos de empalme:

- Encintados.
- Premoldeados en fábrica.
- Premoldeados en el campo
- Termocontráctiles.

El empalme que se utiliza normalmente en los cables con aislamiento extruido instalados últimamente son los premoldeados en fábrica.

Los empalmes premoldeados, son aquellos en que los componentes son moldeados por el fabricante utilizando materiales elastoméricos. Los componentes se ensamblan sobre los cables por unir, en el lugar de trabajo.

Existen varios criterios de diseño sobre este tipo de empalmes. Por citar, algunos fabricantes, los elaboran en forma integral de tal forma que todos los elementos elastoméricos que los constituyen, se encuentran contenidos en una sola pieza; existen otros que los fabrican utilizando varias piezas elastoméricas en forma separada para así obtener un empalme total.

Ya que este tipo de accesorios constan en todo caso de componentes moldeados con dimensiones específicas, es necesario que se efectúe una selección utilizando las características reales del cable que se instalará.

4.3.1 Empalme de cables de potencia con aislamiento de etileno propileno (EP) o polietileno de cadena cruzada (XLP) de 85 KV .

En esta sección se explica en forma breve la realización de un empalme de cables de potencia sin conexión a tierra, cabe mencionar que la información aquí descrita fue tomada directamente de los manuales de montaje, acompañado de una breve explicación de las notas que fueron tomadas al momento de efectuar dicho empalme.

Cada uno de los paquetes de empalme está provisto del material suficiente para llevar a cabo todos los trabajos relacionados al mismo, desde las operaciones de preparación y limpieza de los cable por unir, hasta la reconstrucción total de todos los elementos de dichos cables; además se proporciona un instructivo de instalación y un plano de montaje, estos en conjunto son una guía útil para conocer las dimensiones de preparación, colocación o retirado de cada uno de los elementos de los cables por empalmar.

Listado de componentes de un empalme sin conexión a tierra.

| PARTIDA | UNIDAD | CANTIDAD | DESCRIPCION | MATERIAL |
|---------|--------|----------|-----------------------------|-------------|
| 1 | Kg | 2 | Soldadura SiAL 28 | |
| 2 | Rollo | 2 | Alambre Cal. 12 AWG de 45" | Cu estañado |
| 3 | Pz | 1 | Cable puente 4/0 AWG | Cu |
| 4 | Rollo | 3 | Cinta Mastique | |
| 5 | Pz | 1 | Cuerpo Premoldeado | |
| 6 | Rollo | 1 | Cinta Aislante Bichop w962 | |
| 7 | Pz | 1 | Pintura semiconductora | |
| 8 | Pz | 1 | Conector | Cu estañado |
| 9 | Pz | 1 | Deflector corona | |
| 10 | Pz | 1 | Fleje de acero | |
| 11 | Pz | 1 | Funda Termorretractil 500mm | |
| 12 | Pz | 1 | Funda Termorretractil 900mm | |
| 13 | Pz | 1 | Funda Termorretractil 800mm | |

I. Pasos previos para la realización de un empalme.

A continuación se dictan algunas situaciones elementales que se deben de tomar en cuenta para la correcta realización de un empalme:

- Los planos de montaje están dimensionados y sirven de referencia en conjunto a los folletos de montaje.
- El montaje debe efectuarse con personal calificado que haya recibido un curso de formación en la empresa.
- Durante las operaciones que implican un calentamiento del conjunto del cable es necesario una atención particular del personal presente en los pozos de empalme con el objeto de evitar sobrecalentamientos.
- Las diferentes limpiezas de los componentes del cable deben efectuarse con un papel de celulosa impregnado con disolvente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Durante la realización de trabajos y los periodos de espera prolongada los extremos de los cables deben protegerse contra toda entrada de humedad.

- Queda prohibido:

Enfriar directamente el aislamiento, el semiconductor y el conductor del cable con agua.

Rayar longitudinalmente o axialmente al aislamiento y el semiconductor, señalar al responsable del equipo de empalmadores las eventuales imperfecciones observadas antes o después de la realización de operaciones del montaje

Trabajar en condiciones de limpieza dudosa y de humedad importante

2. Preparación de las puntas de los empalmes

Este paso tiene como fin preparar los cables en forma definitiva para la realización del empalme ya que se debe recordar que cuando los cables fueron instalados dentro del pozo estos se hicieron llegar hasta los extremos opuestos del mismo, de esta forma es posible solucionar posibles eventualidades que se presentan en los cables como daños físicos o presencia de humedad.

Lo que se procede a realizar es el cortado del excedente en las puntas del cable dejando un margen de 100 mm en cada punta después de checar el eje del bloque del empalme. Este punto no es más que verificar la correcta alineación de los cables al momento del corte teniendo en cuenta la ubicación definitiva del empalme y las dimensiones del mismo.

3. Rectificación del cable.

Tras el corte de los cables (tomando en consideración una longitud excedente de al menos 100 mm) se procede a la rectificación del cable. Esta rectificación no es más que el enderezado de cada una de las puntas del cable por medio de calor controlado, dicho control se lleva a cabo por medio de calentadores para cable; estos calentadores contienen en su interior un termostato, que sirve para controlar la temperatura deseada.

- Colocar los calentadores para cada una de las puntas del cable a empalmar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Calentar a 85 °C durante un intervalo de cuatro a cinco horas según la temperatura ambiente. Es importante mencionar que mientras los calentadores se encuentran a 85 °C el conductor en su punta expuesta se encuentra a 60 °C.

- Retirar los calentadores del cable y colocarlo sobre los ángulos de rectificación sin apretar exageradamente. Una vez retirados los calentadores, el cable tiene una temperatura adecuada que le permite tener flexibilidad, lo cual es aprovechado para enderezar o rectificar las puntas del mismo, esto se logra colocándolo sobre los ángulos de rectificación que son un juego de dos piezas de fierro galvanizado de 50 mm y de 1500 mm de longitud los cuales están provistos de tres orejas de sujeción en cada uno de sus extremos, estos son colocados sobre el cable y apretados por medio de tornillos.

- Dejar enfriar los cables por un periodo de una hora.

- Retirar los ángulos de rectificación.

4. Corte funda exterior, pantalla metálica y aislamiento del cable.

En esta parte realmente se inicia la preparación del empalme, ya que se realizan cortes preliminares en la funda exterior de PVC, en la pantalla metálica de plomo y en el aislamiento del conductor.

- Coloque los cables en su posición final.

- Corte los cables a 90° como se muestra en la figura 6.

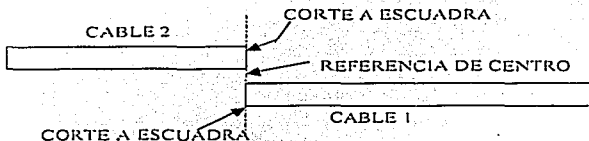


Fig. 6 corte de los cables a 90°

6. Preparación de la unión premoldeada.

- Cortar el aislamiento a escuadra de ambos cables a 90 mm. con la herramienta adecuada. Se mide siempre de la punta del conductor nunca del aislamiento.
- En los cables 1 y 2 mida 395 mm del conductor a la pantalla semiconductora y hacer una muesca con una navaja, (precaución! al realizar esta marcación tenga cuidado de no penetrar la pantalla) dicha referencia será utilizada posteriormente para centrar el premoldeado.
- Colocar cinta de marcación (PVC) a 320 mm en ambos cables. Pintar el aislamiento expuesto y 25 mm sobre el chafán de la pantalla semiconductora; la pintura semiconductora debe quedar tersa y a escuadra al remover la cinta de marcación.
- Limpie con papel fino impregnado con alcohol el aislamiento y la pantalla semiconductora de ambos cables, limpie cada cable del aislamiento a la pantalla semiconductora sin tocar la superficie pintada. Proteja los cables con película autoadherente de plástico e introduzca las mangas termocontráctiles adecuadas a los cables.
- Verifique visualmente el premoldeado que se utilizará en el empalme y se realicen los preparativos preliminares tanto en el cable, como en el que se montará dicho premoldeado y la simple limpieza de la misma.
- Antes de utilizar el equipo de expansión del premoldeado, verifique que funcione y que se encuentre en buen estado.
- Fije en el cable 1 el soporte principal a 1200 mm del conductor; verifique que la abrazadera sea del tamaño del premoldeado, coloque el malacate manual frente al soporte principal y extienda los cables de acero hasta la abrazadera del premoldeado y enganche.
- Limpie el cable 1 y lubrique con grasa silicona; introduzca el premoldeado en el cable hasta que llegue a el aislamiento expuesto aproximadamente 13 mm. Retire el equipo de expansión del cable de energía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Retirar con mucho cuidado la cubierta de PVC del cable 1, a una distancia de 970 mm y al cable 2 a una distancia de 480 mm.
- Retirar la pantalla de plomo en ambos cables hasta 80 mm de la cubierta de PCV.

5.Preparación de la superficie del aislamiento y semiconductor externo.

- Retirar el semiconductor externo con la herramienta adecuada, dejando una película de negro fino a una distancia de 33 mm. Se retira la cubierta semiconductor externa que se encuentra sobre el aislamiento del conductor con una máquina especial, que asemeja a un sacapuntas o a una tarraja el cual al girar sobre el eje del cable retira la cubierta semiconductor y deja una delgada capa de material semiconductor.
- Raspar este exceso de negro con un cepillo apropiado y achafanar el extremo de la capa semiconductor externa a 13 mm como mínimo evitando lo más posible las facetas o imperfecciones.
- Trabajar la superficie aislante y la zona achafanada del semiconductor externo con papel de lija (150-240-320 y 400). Esto es con el fin de eliminar las asperezas que se pueden encontrar en el aislante y en el semiconductor externo.
- Realizar lo más perfectamente posible los perfiles de mecanizado, así como el pulido (la formación del personal permite apreciar la forma correcta que en teoría se busca).
- Retirar orificios o resaltos superiores a 0.3 mm.
- Proteger las zonas pulidas con película autoadherente de plástico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6. Preparación de la unión premoldeada.

- Cortar el aislamiento a escuadra de ambos cables a 90 mm. con la herramienta adecuada. Se mide siempre de la punta del conductor nunca del aislamiento.
- En los cables 1 y 2 mida 395 mm del conductor a la pantalla semiconductora y hacer una muesca con una navaja, (precaución! al realizar esta marcación tenga cuidado de no penetrar la pantalla) dicha referencia será utilizada posteriormente para centrar el premoldeado.
- Colocar cinta de marcación (PVC) a 320 mm en ambos cables. Pintar el aislamiento expuesto y 25 mm sobre el chaflán de la pantalla semiconductora; la pintura semiconductora debe quedar tersa y a escuadra al remover la cinta de marcación.
- Limpie con papel fino impregnado con alcohol el aislamiento y la pantalla semiconductora de ambos cables, limpie cada cable del aislamiento a la pantalla semiconductora sin tocar la superficie pintada. Proteja los cables con película autoadherente de plástico e introduzca las mangas termocontráctiles adecuadas a los cables.
- Verifique visualmente el premoldeado que se utilizará en el empalme y se realicen los preparativos preliminares tanto en el cable, como en el que se montará dicho premoldeado y la simple limpieza de la misma.
- Antes de utilizar el equipo de expansión del premoldeado, verifique que funcione y que se encuentre en buen estado.
- Fije en el cable 1 el soporte principal a 1200 mm del conductor; verifique que la abrazadera sea del tamaño del premoldeado, coloque el malacate manual frente al soporte principal y extienda los cables de acero hasta la abrazadera del premoldeado y enganche.
- Limpie el cable 1 y lubrique con grasa silicona; introduzca el premoldeado en el cable hasta que llegue a el aislamiento expuesto aproximadamente 13 mm. Retire el equipo de expansión del cable de energía.

7. Colocación del Conector.

- Limpie el conductor expuesto de ambos cables y coloque el conector, asegurarse de introducir el cable hasta el tope del conector. Verificar que la distancia entre los aislamientos no exceda de 203 mm antes de comprimir.
- Comprimir el conector empezando en la marca grabada en el mismo, verificar que la distancia entre los aislamientos; no exceda de 216 mm después de la compresión.
- De la misma forma que se introdujo el premoldeado en el cable 1, se coloca el equipo de expansión de premoldeado en el cable 2.
- Limpie el cable 2 y lubrique con grasa silicona, jale y centre el premoldeado tomando como referencia las marcaciones realizadas anteriormente.

Aterrizado del empalme:

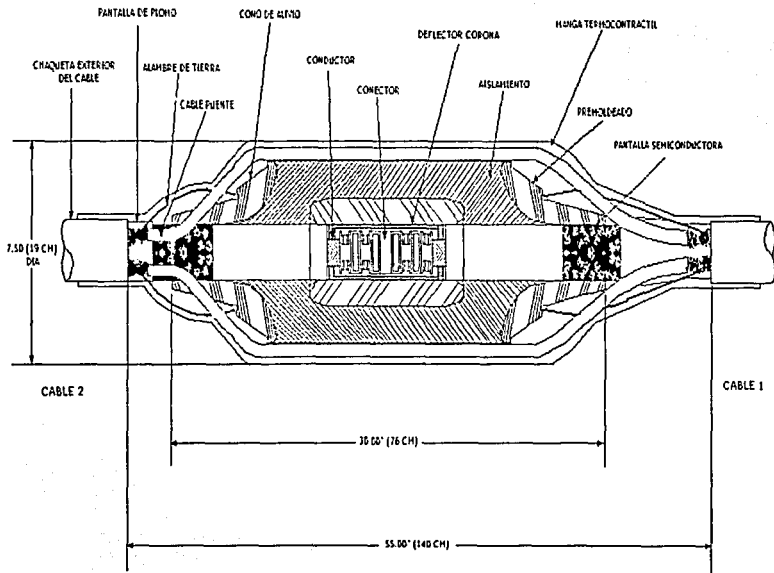
- Soldar con cautín el alambre estañado calibre 12 AWG de 1140 mm en la pantalla de plomo del cable 1, enrolle varias veces sobre la pantalla semiconductora y amarre en el ojillo de tierra del premoldeado. Repita la misma operación en el cable 2 con el alambre estañado de 510 mm.
- Con cinta mastique forme una rampa en ambos conos de alivio del premoldeado.
- Soldar el cable puente 4/0 AWG en la pantalla de plomo en ambos cables.
- Sellar la pantalla metálica con cinta mastique aplicando capas a medio traslape empezando a 25 mm de la cubierta de PVC y terminando a 25 mm sobre la pantalla semiconductora extruida sobre el aislamiento.
- Lijar la cubierta de PVC de ambos cables aproximadamente 130 mm , jalar la manga termocontractil del cable 2 hasta el cono de alivio y empiece a termocontrar de la parte cercana del premoldeado hasta que la manga ajuste perfectamente con el empalme.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Jalar el tubo termocontractil del cable 1 hasta la orilla del cono de alivio del premoldeado y repita el proceso para termocontraer.
- Colocar el ultimo tubo termocontractil y centrar sobre el premoldeado, comenzando a termocontraer del centro a los extremos.

Nota: Verificar la fig. 7, donde se muestra el empalme elastimold ya concluido para el cable de potencia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



| |
|--|
| URAM - FESCC-4 |
| ALIMENTACION A 85 KV DE S.E. PATERA A S.E. HACEL |
| FIG. 7 PARTES QUE COMPONEN UN ENFALME ELASTINOLD |

4.3.2 Terminal para cable de potencia con aislamiento tipo XLP, para 85 KV llenada en campo

La utilización de terminales en los sistemas de distribución subterránea tienen como objetivo el reducir o controlar los esfuerzos eléctricos que se presentan en el aislamiento del cable, al interrumpir y retirar la pantalla electrostática sobre el aislamiento y como objetivos secundarios, se encuentra el proporcionar al cable una distancia de fuga adicional y además proporcionar hermeticidad.

Las terminales tipo bayoneta pueden ser utilizadas tanto en el cable con aislamiento extruido (EP, XLP, etc.), como en cables con aislamiento laminar; así mismo, pueden ser utilizadas en cables con conductor de cobre o aluminio.

Datos del cable:

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Medida y material del conductor: | 400 mm ² Cu. |
| Mínimo y Máximo de aislamiento 00: | 66.47 mm 69.87 mm |
| Mínimo y Máximo de capa aisladora 00: | 70.94 mm 72.66 mm |
| Protecciones Metálicas: | funda de plomo |

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN TERMINAL LLENADA EN CAMPO DE 85 KV SÓLO MANGA SEMI-CONDUCTORA.

Tipo de cable: con aislamiento tipo XLPE, con cubierta semiconductora extruida con funda de plomo y chaqueta exterior de pvc. Las siguientes instrucciones están diseñadas para condiciones de instalación normales y no cubren todas las posibles eventualidades. Cualquier modificación importante en el procedimiento de instalación deberá ser notificado a la Compañía G & W ELECTRIC.

Las instrucciones y recomendaciones técnicas, en general son para seguirse estrictamente. El descuido, el manejo impropio del material y herramientas y equipos o realización de los procedimientos no autorizados durante la instalación no serán tolerados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LISTADO DE COMPONENTES DE UNA TERMINAL

| PARTIDA | CANTIDA | UNIDAD | DESCRIPCION |
|---------|---------|--------|---|
| 1 | 1 | PZ | CONECTOR A 395-85 |
| 2 | 1 | PZ | DIAFRAGMA DE ALUMINIO |
| 3 | 1 | PZ | SELLO DE DIAFRAGMA |
| 4 | 4 | PZ | CINTA DE NEOPRENO |
| 5 | 8 | PZ | CINTA CAT. 8264 |
| 6 | 2 | PZ | CINTA MASTIQUE 906-3 |
| 7 | 2 | PZ | CINTA EPR W962 |
| 8 | 1 | PZ | PROTECTOR DE ALUMINIO DE EFECTO CORONA |
| 9 | 1 | PZ | MANGA SEMI - CONDUCTORA |
| 10 | 5 | PZ | CINTA VDG |
| 11 | 1 | PZ | GRASA SILICON (TUBO) |
| 12 | 8 | PZ | CINTA DE PVC 936-3 |
| 13 | 2 | PZ | GRASA FLUROSILICON |
| 14 | 1 | PZ | SOLDADURA SAL 28 |
| 15 | 1 | ROLLO | LIJA GRADO # 80 |
| 16 | 1 | ROLLO | LIJA GRADO # 150 |
| 17 | 1 | ROLLO | LIJA GRADO # 240 |
| 18 | 2 | PZ | TRENZA DE TIERRA DE COBRE |
| 19 | 1 | PZ | ALAMBRE AWG #18 |
| 20 | 1 | PZ | PASTA PARA SOLDAR |
| 21 | 4 | PZ | AISLADORES DE PORCELANA |
| 22 | 3 | PZ | TAMBOS DE COMPUESTO AISLANTE DE 30 GALONES C/U. |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

52A

Además de los materiales estándar que se proveen como componentes de la terminal se requerirán de las siguientes partidas, proporcionados por el cliente instalador para la instalación de cada terminal.

- ✓ Trapos para limpieza secos, desteñibles y libres de pelusa o hilos sueltos.
- ✓ Metanol
- ✓ Envoltivo de plástico para proteger el aislamiento del cable
- ✓ Cinta de pvc, de preferencia roja para marcar el cable
- ✓ Contenedor para el fluido dieléctrico desplazado
- ✓ Lubricante alcoa o su equivalente.

Herramienta para desenchaquetado y para dar forma de lápiz al conductor o escofina stanley surform con navaja plana o lijadora de banda para dar forma de lápiz al aislamiento del cable y para el retirado de la capa semi-conductora extruida.

- Juego completo para empalmar
- Torquimetro con rango de apriete o A 50 lb - pie (0-50 Nm)
- Cabezal de compresión con dados para indentar el conector
- Dos cuerdas de nylon de 2000 mm para levantar las terminales
- Grúa o aparejo para levantar las terminales
- Ohmetro
- 2 parrillas eléctricas de 1500 W térmicamente controladas y contenedores de 30 galones (o su equivalente)
- Termómetro de 0°C - 100°C (30°F - 200°F)
- Tanque de nitrógeno
- Manguera para conectarse al tanque de nitrógeno en un extremo y con entrada 1/4" NPT en el otro extremo.
- Tanque de gas butano
- Sierra cortadora de cable
- Soplete para gas butano
- Lijadora eléctrica -
- Cautín eléctrico recto
- Escochevere (o vidrio)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Precauciones.

- 1) Mantenga el aislamiento del cable limpio y seco
- 2) Evite dañar el aislamiento del cable
- 3) Retire todos los residuos de material semiconductor de la superficie expuesta del aislamiento.
- 4) Haga todas las marcas de referencias requeridas usando cintas o tiras pequeñas de alambre.
- 5) No afloje ningún tornillo mientras no se lo indique en las instrucciones
- 6) No quite la terminal del extremo del cable insertado una vez.
- 7) Tenga especial cuidado para evitar que el conductor se tuerza durante la operación de presión.
- 8) Acondicione el conector retirando cualquier rebaba o borde filoso
- 9) Las terminales se deben mantener calientes antes de la instalación, cuando la temperatura ambiente esta debajo de 40°F (4°C)
- 10) El cable debe ser tensado y alineado después de retirar el enchaquetado y el blindaje metálico y de ser necesario, acondicionado antes de retirarle la capa semi-conductora se recomienda el uso de cables calentadores y soportes tensionadores. El tensado del cable por medio de calor también incrementará el burbujeo y minimizara la contracción del aislamiento durante el servicio. Refiérase a las recomendaciones del fabricante del cable.
- 11) Lubrique los barrenos de aluminio con lubricante para barrenos de aluminio de alcoa u otro equivalente.
- 12) Los tornillos deben ser apretados en secuencia cruzada durante la instalación y mantenimiento.
- 13) Use los guantes limpios suministrados durante la aplicación de grasa y de la cinta VDG.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

14) El cable debe ser soportado cuando menos a 2 metros desde la base de la entrada del cable en la terminal.

15) No abra las cintas hasta que estén listas para usarse y conserve las cintas fuera de la luz del sol.

2. Pasos preliminares.

1. Inspeccione visualmente que todas las boquillas y aperturas estén exentas de cualquier daño. Asegúrese de que al menos una boquilla esté marcada con la indicación "Pressure Gauge Assembly y Inside"
2. Cheque la estructura del soporte. Asegúrese de que los diámetros de los barrenos y sus longitudes concuerden con los de sus correspondientes en la base de la placa, verifique que el diseño de la estructura permita cortar el aislamiento del cable aproximadamente a 150 mm por debajo de la superficie de la estructura de montaje.
3. Coloque y asegure el cable en su posición final de instalación. Asegure el cable por debajo de la estructura de montaje y de que esta disposición no interfiera con los pasos subsiguientes de la instalación descritos en el plano y en este instructivo. Debe haber aproximadamente 1750 mm de cable por encima de la parte superior de la estructura de montaje.
4. Para las instalaciones de llenado en campo desempaque los contenedores de aceite. Comience calentando el aceite según el plano FES-CAB-002 durante el tiempo apropiado y con antelación para tener listo para efectuar el llenado en campo de la terminal según este instructivo. También asegure que el interior del aislador de la porcelana esta libre de contaminación y escombros antes de la instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. Preparación del cable.

Materiales requeridos.

- ✓ Contenido de herramienta para la preparación del cable conector
- ✓ Solvente limpiador de cable. (el solvente no se suministra)

Las siguientes instrucciones son para utilizarse adjuntamente con los planos para la preparación del cable suministradas para la terminal. Los números de la figura referidos se muestran en el plano. En tanto no se notifique otra cosa.

- Coloque y asegure el cable en su posición final de instalación. Debe haber aproximadamente 1750 mm de cable por encima de la parte superior de la estructura de montaje.

- Instalar los aisladores de porcelana en la parte superior de la estructura de montaje. Plano FES-CAB-001 (fig1).

Nota: si los aisladores no son usados en referencia todas las mediciones de la preparación del cable serán de la parte superior del montaje de estructura.

- Marque la chaqueta del cable con la parte superior de la superficie de los aisladores. Esta marca se le llama "P" como se muestra en el plano FES-CAB-001 (fig1).

- Marque el cable en el "corte el cable" con las dimensiones que se mencionan arriba "P" mostrado en el plano y la placa de la terminal. Corte el cable en el ángulo recto en este punto.

- Retirar la chaqueta del cable y algunas cintas bajo las dimensiones mostradas debajo de la marca "P".

- Retire la funda de plomo a las dimensiones mostradas sobre el extremo de la chaqueta del cable del plano FES-CAB-001 (fig1).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Estañar la trenza de tierra de cobre sobre la funda de plomo como se muestra en el plano FES-CAB-001 (fig2) aplique libremente una porción de 4 vueltas de alambre obligatorio de cobre estañado alrededor de la trenza de tierra y la funda de plomo según lo demostrado. No apriete demasiado. Solde junto el alambre que ata la trenza de tierra y la funda de plomo.

- Enderece el extremo del cable según las recomendaciones del fabricante del cable. Vea la práctica general de la precaución No.10 es calentar el cable usando las cintas o manta controladas temperaturas de la calefacción de uno mismo con el suficiente amortiguador entre las cintas y el cable en aproximadamente 80°C por seis horas. Las cintas o las mantas se quitan después de la calefacción y el cable se coloca entre dos ángulos de enderezamiento (o tableros) y se tensa libremente para enderezarse y enderezarse. Cerciórese de que no se haga ninguna abolladura en el cable durante el proceso.

- Retire el aislamiento del cable y el blindaje del conductor del extremo del cable para una distancia "E" como se muestra en el plano FES-CAB-001 (fig1).

- Dele forma de lápiz al aislamiento del cable a una distancia "F" como se muestra en el plano FES-CAB-001 (fig1)

- Puchado del conector del plano FES-CAB-001 (fig.2): Retire cualquier residuo de material extraño de los hilos del conductor expuesto. (en caso de tratarse de un conductor segmentado, entre los segmentos de conductor) Iniciar el puchado exactamente debajo de la marca estampada sobre el conector.

a) Conector de cobre.

Compresione el conector en el conductor de acuerdo a las instrucciones del fabricante del cable (ver precaución No. 7 y 8 de la pag. 54).

b) Conector de aluminio.

Usando un cepillo de cerdas metálicas limpie el conductor desnudo para retirar cualquier residuo de óxido de aluminio. Retire el sello del socket del conector. No cepille el socket. Deslice el conector suministrado con el inhibidor de óxido suministrado, sobre el extremo del conductor y

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

compresione el conector en el conductor de acuerdo a las instrucciones de compresionado del fabricante (ver precauciones No. 7 y 8 de la pag. 54)

- De ser necesario ajuste la altura del conector, después del ponchado, para asegurar que el extremo del conector este ubicado a la distancia indicada por encima de la estructura de montaje del plano FES-CAB-001 (fig.2)

4. Procedimiento para retirar la capa semiconductor extruido

Materiales Requeridos:

Contenido de herramienta para la preparación del cable y solvente limpiador del cable. (El solvente no se suministra)

- Usando una cinta o una sección pequeña de alambre, efectúe una marca en la pantalla semiconductora del cable extruido con las dimensiones mostradas en el plano FES-CAB-001 (fig.2). Haga todas las mediciones desde la parte superior del conector.

- Retire la pantalla semi-conductora del aislante desde este punto hasta el área de la punta del lápiz en el conector.

Nota: siga los procedimientos recomendados del fabricante del cable para retirar la pantalla aislante del semiconductor extruido. Puede utilizarse una herramienta especial de desenchquetado, pistola térmica o una banda lijadora motorizada.

Tenga precaución al retirar la pantalla semi-conductora extruido. Evite las irregularidades y/o salientes afilados en la superficie aislante del cable.

- Comience a desbastar lijando el aislamiento del cable con una lija de No.80 utilice esta lija para contornear el aislamiento y de forma a la estructura cónica en la pantalla semi-conductora como se muestra en el plano FES-CAB-001 (fig.2)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Comience el acondicionamiento del cable usando una lija No.150 esta deberá usarse hasta que todas las irregularidades salientes y ralladuras queden retiradas del aislamiento.

- La lija No. 240 es extremadamente fina y se requiere para dar un buen pulido en el área en donde se va a aplicar la cinta VDG. y la manga semiconductoras es imperativo que la transición entre la pantalla semiconductoras y el aislamiento sea suave y libre de ralladuras o material extraño se puede obtener un pulido óptimo en el acabado usando el reverso de las lijas para lijar el aislamiento

Nota: El cable debe ser limpiado periódicamente con un paño impregnado de solvente para retirar cualquier material extraño adherido en el aislamiento. Limpie el cable hasta que quede totalmente limpio. La limpieza deberá ser hecha siempre hacia abajo en la pantalla aislante semiconductoras para prevenir de no dispersar partículas semiconductoras en el aislamiento del cable.

5. Aplicación de cintas

Material requerido: contenido de herramienta para la preparación del cable, herramienta para sello de vacío y solvente limpiador de cable (El solvente no se suministra).

- Cubra con la cinta especial de PVC suministrada (no sustituir) el área de la punta de lápiz y sobre el cilindro del conector como se indica en el plano FES-CAB-001 (fig.3)

- Aplique 6 capas adicionales de cinta especial de PVC en el área de la punta de lápiz, sobre el aislamiento del cable y sobre el conector a la dimensión indicada en el plano FES-CAB-001 (fig.3) Aplique la última capa de cinta en torno al conector.

- Aplique una ligera capa de la grasa de silicón suministrada (en tubo no sustituir) a la superficie del aislamiento del cable comenzando desde el conector y terminando en el punto indicado en el plano FES-CAB-001 (fig.3) Aplique una ligera capa de flurosilicon suministrado (no sustituir) sobre el aislamiento del cable y sobre la pantalla aislante desde el punto

de aplicación final de la grasa del silicón hasta la dimensión indicada en el plano FES-CAB-001 (fig.3)

- Examine la manga semi-conductora verificando que no tenga imperfecciones o bordes dañados. No se use si está dañada. Limpie el interior de la manga de cualquier partícula de polvo usando un solvente. Aplique grasa de silicón en la superficie interna de la manga. Instale la manga apretando un "puño" de aproximadamente 25 mm en un extremo de la manga use este puño para jalar la manga sobre el extremo del cable. Trate de que no quede grasa de silicón en el exterior de la manga. Ya en la dimensión mostrada desde la parte superior del conector y doble el puño después de colocar la manga en el cable en la posición apropiada.

- Retire cualquier exceso de grasa silicón o de flurosilicón que queda debajo de la manga semiconductor. Limpie la superficie del aislamiento expuesto y la manga semiconductor de cualquier residuo de grasa de silicón o de flurosilicón que se haya debajo en la manga. Cheque la posición de la manga con respecto a la parte superior del conector. Si se excede la cantidad de la grasa de silicón puede causar que la manga se mueva de su posición inicial.

En este punto se deberá verificar la conductividad existente entre la pantalla Semiconductor del cable y la manga semiconductor. La resistividad debe ser menor a 10 K Ω . Si la resistividad excede este valor desdoble el extremo inferior de la manga aproximadamente 50 mm y limpie la grasa de la pantalla aislante del cable y a medir la resistividad.

- Aplique capas sobrepuestas de cinta especial de PVC sobre la manga semiconductor y en el aislamiento semiconductor del cable. Comience desde el extremo del encintado de cobre y hasta la dimensión mostrada en el plano FES-CAB-001 (fig. 4) encinte con capas superpuestas de cinta especial de PVC hasta el diámetro mostrado. La última capa de cinta deberá aplicarse en torno y hacia arriba en el conector la superficie encintada debe ser lo más suave posible verifique el diámetro de la cinta aplicada, asegurándose que el diámetro máximo esta de acuerdo a lo indicado en el plano y que no ha sido excedido.

- Baje el depurador de vacío y selle el vacío sobre el cable en ese orden, abajo del encintado de PVC cerca del área que protege al cable (plano FES-CAB-001 fig 5) el sellado de vacío debe ser invertido para señalar

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

abajo (lejos de la terminal) estos serán sujetos al diafragma del depurador y al plato base de aluminio después del montaje de la terminal sea instalada.

6. Aplicación de las cintas VDG.

Material requerido:

Contenido de herramienta para la preparación del cable y solvente metanol (El solvente no se suministra)

No continúe con los procedimientos de instalación restantes hasta no completarlos sin interrupción y hasta que la terminal quede instalada en el cable. Vea según la precaución No. 13. de la pag. 54.

- Aplique grasa de Fluorosilicón en la superficie del aislamiento expuesta en la manga semiconductora del cable hasta alcanzar las dimensiones mostradas en la parte superior del encintado de VDG. (plano FES-CAB-001 fig. 5). Empezee a enrollar capas superpuestas de cinta vdg. Desde la dimensión mostrada entorno a la manga semiconductora. Empalme y recubra la cinta VDG en el borde superior de la manga semiconductora. Empalme y recubra la cinta vdg en el borde superior de l manga. Mantenga una tensión suficiente en la cinta para prevenir de que no se desenrolle la tensión debe mantenerse uniforme durante toda la operación. Nota: Cualquier empalmado en la cinta VDG debe ser hecho en la mitad superior de la cinta aplicada de VDG.

- Aplique grasa de fluorosilicón sobre la cinta de VDG. instalada en el procedimiento anterior desde el borde superior de la manga semiconductora hasta un punto a 25 mm por debajo del borde superior coloque una segunda capa de cinta VDG hasta un punto a 25 mm por debajo del borde de la primera capa pepita la aplicación de grasa de fluorosilicone sobre la cinta VDG. pero en esta ocasión aplique las capas superpuestas de la cinta VDG a todo lo largo del empalme hasta el borde encintado previamente aplicado. Nótese que sólo las primeras dos capas de la cinta están empalmadas y recubiertas contra el borde de la manga semiconductora. Nota: aplique siempre la grasa fluorosilicone en la misma dirección que la capa anterior del encintado. Esto llenará por pasos en el borde de la cinta con la grasa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Repita el encintado por capas de la cinta VDG hasta obtener el diámetro mostrado en la (plano FES-CAB-001 fig.5) terminando cada capa sucesiva a 25 mm de la capa anterior la última capa de cinta deberá ser aplicada hacia arriba en el extremo del conector.

Nota: La grasa de fluorosilicon debe ser aplicada entre todas las capas de cinta VDG. no aplique grasa sobre la manga semiconductora.

- Refuerce doblemente la última capa de cinta VDG. en el aislamiento del cable por encima del comienzo de la primera capa de VDG.

Notas:

a) Se debe de completar la aplicación de las cintas justo antes de efectuar la instalación de la terminal.

b) El número de las capas de cinta VDG. puede variar dependiendo del diámetro del aislamiento del cable y de los diámetros requeridos de encintado para el montaje refiérase al plano FES-CAB-001 fig.5 para consultar acerca de los diámetros requeridos.

c) No exceda el diámetro máximo de encintado que se muestre en el plano FES-CAB-001 (fig.5)

7. Instalación de la terminal.

Material requerido: terminal básica (Sub-ensamble de la placa base, cono de atenuación de esfuerzos, aislador de porcelana) kit del protector de efecto corona, kit de tuberías, herrajes y placa superior.

Notas: todos los O'rings y sus asientos, así como las juntas planas deben ser limpiados previamente a su instalación. Asimismo todos los O'rings se cubrirán ligeramente con una capa de silicón. La capa del plato de la terminal, la tuerca de fijación y el conector deben ser ensamblados, desmonte si es necesario antes de proceder.

1. Aplique una ligera capa de grasa de silicón sobre el aislamiento del cable y sobre las cintas aplicadas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Cubra el conector enrollando cinta PVC temporalmente para la instalación (cubra ligeramente la junta O'ring con la grasa silicón proporcionada e instale la junta en el conector).

3. Use flejes de nylon o cuerdas alrededor de los aisladores de porcelana para guiar cuidadosamente el ensamble básico de la terminal a los aisladores usando el equipo proporcionado. Remueva la cinta de pvc. Aplicada a la cuerda del conector.

4. Aplique grasa de silicón en el ranurado de la placa superior e instale el O'ring para sellar la porcelana, descienda cuidadosamente el ensamble superior sobre el conector asegurándose de que los bordes del O'ring del conector no se dañen atornille la placa superior al ensamble de porcelana.

5. Coloque la tuerca de sujeción en el conector hacia la placa superior y apriete hasta que la parte superior del conector quede a la dimensión mostrada por encima de la placa superior (plano FES-CAB-001 fig.5) Alinie los barrenos con la tuerca de sujeción con los barrenos de la placa superior y atornille la tuerca de sujeción a la placa superior.

6. Apriete la limpieza de vacío a la base del plato de aluminio a 96 lb-in (11 Nm) con el equipo proporcionado (plano FES-CAB-001 fig 5 y precaución 12 en la pag. 54) Asegurese de que el borde interno del sello de vacío sea orientado como se muestra en el plano FES-CAB-001 (fig. 5).

7. Apriete los tornillo en forma cruzada a los valores específicos según el dibujo de la preparación del cable (ver precaución 12 de la pag. 54).

8. Terminal que se llena en campo con aislador compuesto

Material requerido: Cubeta de compuesto aislante gvw 306-1
Kit para llenado en campo, tanque de gas.
Nitrógeno seco con manguera y herrajes de
Conexión, tanque para conectar el aceite y
Contenedor por el compuesto aislante desechado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Precaución: Mantenga a la entrada de la bomba de vacío, al extremo de la manguera de vacío y a la mirilla de vidrio cubiertos y protegidos de cualquier rebaba o desperdicio en todo el tiempo en que no se use la bomba para mantener éstos componentes disponibles para su uso futuro. No debe permitirse que ingrese cualquier suciedad o contaminante.

Nota: Refiérase al plano FES-CAB-002 para los pasos siguientes

- 1) Retire la tapa del contenedor suministrado del compuesto aislante g&w 306-1 precaliente el compuesto a $70^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ usando calentadores con control termostático.
- 2) Retire el tapón del tubo de $\frac{1}{2}$ " de la placa superior de la terminal. Guárdese este para su re-instalación posterior, instale la mirilla proporcionada en la entrada de $\frac{1}{2}$ ". Refiérase a la figura del plano FES-CAB-002 destape la mirilla.
- 3) Retire el tapón del tubo de $\frac{1}{2}$ " de la entrada de la válvula VT guárdese este para su reinstalación posterior destape el extremo del ensamble de la manguera de vacío proporcionado. Retire la mitad de la unión del tubo, con el niple reductor, desde la manguera e instálese en la válvula en la placa de montaje de la terminal.
- 4) Retire la cubierta de protección de la boquilla de entrada de la bomba, no permita que esta boquilla o su manga protectora se contaminen durante su uso.
- 5) Retire el tapón roscado de la parte superior del contenedor, instale el tubo de suministro y ensamble la bomba en el contenedor.
- 6) Abra la válvula VS empiece a bombear el compuesto en el contenedor de fluido eléctrico desplazado para drenar aproximadamente 0.5 litros (1 PINT) a través de la manguera antes de conectar a la sección de la unión del tubo en la válvula de la terminal. Después del drenado conecte la línea a la unión del tubo de la terminal.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 7) Asegúrese de que las válvulas VT, VO y VS. Estén abiertas y de que se ha retirado la cubierta de la mirilla. Bombeo lentamente el compuesto en la terminal. Detenga el bombeo cuando el compuesto vaya a la mitad de la mirilla.
- 8) Cierre la válvula VT en la placa de montaje de la terminal deje abierta la válvula VO bajo la mirilla. Coloque nuevamente la tapa de la mirilla. Desconecte la unión del tubo y retire el niple reductor con la sección de la unión del tubo de la válvula VT reconecte la unión del tubo a la manguera de la bomba y reinstale la tapa en el apartador reductor.
- 9) Instale el ensamble proporcionado para el manómetro con la válvula de grifo en la entrada de válvula VT.
- 10) Permita que el compuesto se enfríe a la temperatura ambiente (aproximadamente durante seis horas) Cierre la válvula VO y retire la mirilla de la terminal. Vacíe la mirilla de compuesto, aplique cinta de teflón a la sección roscada de la boquilla del tubo y reinstálese en la placa superior.
- 11) Conecte el tubo para aire proporcionado para el tanque de nitrógeno y para la válvula de carga de la terminal (plano FES-CAB-002-01)
- 12) Aplique nitrógeno aproximadamente a 10 psi de presión en la parte superior de la terminal. Abra la válvula de bola VT y la válvula de grifo VC y drene compuesto de la terminal en la mirilla y deséchese dos veces cuando la segunda mirilla este llena, cierre la válvula de grifo VC y presurice la terminal con nitrógeno a 10 psig. Retire la manguera de la válvula de carga de la terminal.
- 13) Cierre la válvula VT aplique de teflón a la sección roscada del tapón del tubo y reinstale el manómetro con su tapón

9. Pasos finales de la instalación

1. Limpie la terminal de todo compuesto aislante que haya sido derramado durante el llenado.
2. Coloque el protector de efecto corona (con la roldana de entrada sobre el conector)
3. Aplique el kit del sellado de la chaqueta entre el término de la chaqueta del cable y el fondo de la terminal, permitiendo que las trenzas de tierra salgan adecuadamente para conectar las tierras a la terminal (plano FES-CA13-001 fig.5 y detalle B) con la trenza de tierra doblar aproximadamente 180° sobre los alambres amarrados, aplique una capa de relleno compuesto de sello contra humedad sobre la chaqueta del cable, trenzas de tierra y cinta pvc para formar un sello protector contra humedad. Trabajar PVC para formar un sello protector contra humedad. Trabajar el sello contra humedad alrededor de la trenza de tierra. Aplicar capas de las cintas EPR y neupreno sobre la chaqueta del cable, el sello contra humedad y en el sello de vacío como se muestra en el detalle B, conducir las trenzas de tierra fuera de las cintas mientras que el sello de humedad se mantiene conectar las trenzas de tierra al plato de base de la terminal como se muestra (plano FES-CAB-001 fig 5) aplique cinta neopreno para aislar las trenzas de tierras.
4. Efectué las conexiones en el contenedor. Los contenedores aéreos de aluminio están platinados y no requieren ser cepillados o lijados. El conductor de aluminio debe ser cepillados hasta que este limpio y brillante. Aplique inhibidor de óxido en el conector aéreo antes de realizar la conexión. Precaución: debe evitarse realizar un esfuerzo en el conector de la terminal. Se recomienda extensivamente que tanto el extremo de la conexión al conector entre la terminal y del bus sea de un tipo similar de un conector para proporcionar atención de esfuerzos mecánicos debido a los efectos de la temperatura.
5. Asegúrese de que cualquier conexión necesaria desde el cable de la tierra (trenza de tierra) al sistema de tierra que estén completas. Típicamente las trenzas de tierra son instaladas al plato base con el equipo MB. Después el sistema de tierra es conectado al barreno M12.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Después el sistema de tierra es conectado al barreno M12 en el plato base de aluminio.

Precaución: Excesivos voltajes se deberán realizar en el cable de plomo metálico el cual es anexo a la terminal del plato base. Refiérase al sistema de ingeniería de tierra para las conexiones prioritarias de la tierra para la instalación de la terminal.

10. Mantenimiento de rutina

Recomendaciones: bajo condiciones de operación normal no se requiere llevar a cabo ningún procedimiento de rutina de mantenimiento. La unidad deberá ser observada regularmente para detectar cualquier fuga de aceite posible o alguna condición de operación inusual.

Chequeo periódico de mantenimiento.

Cheque el apriete de la tornillería. Los valores recomendados de apriete se indican en los planos suministrados. (Ver precaución No. 12 de la pag. 54)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

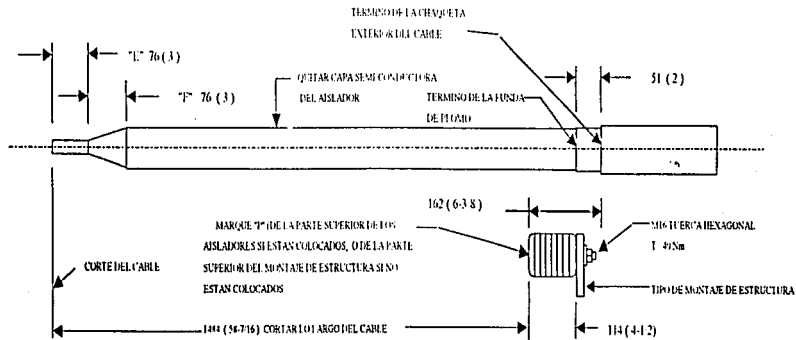


FIGURA 1

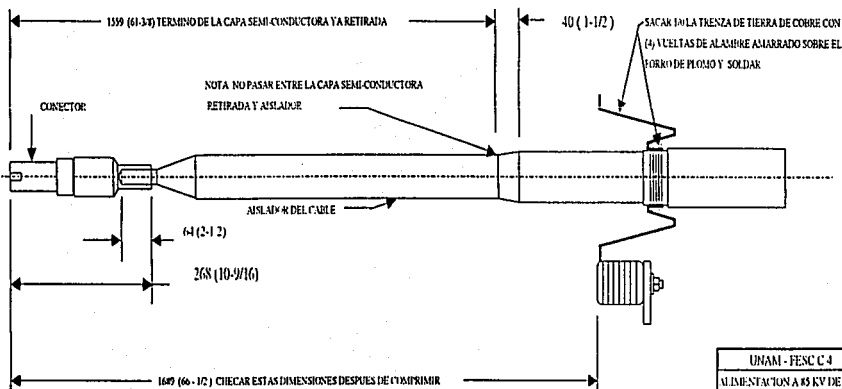


FIGURA 2

| |
|---|
| UNAM - FENEC 4 |
| ALIMENTACION A 45 KV DE S.E. PATURCA A S.E. NACEL |
| LAMP HFC-CAR-001 |
| REPARACION DEL CABLE PARA LA INSTALACION DE SU TERMINAL |

CFR

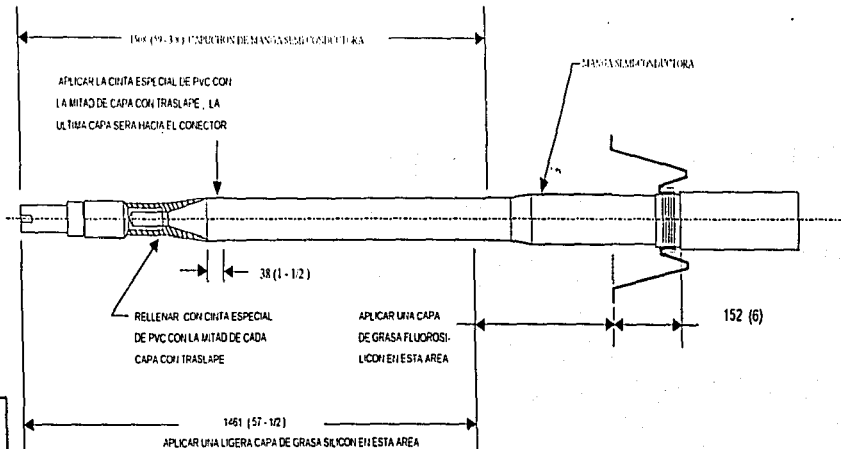


FIGURA 3

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

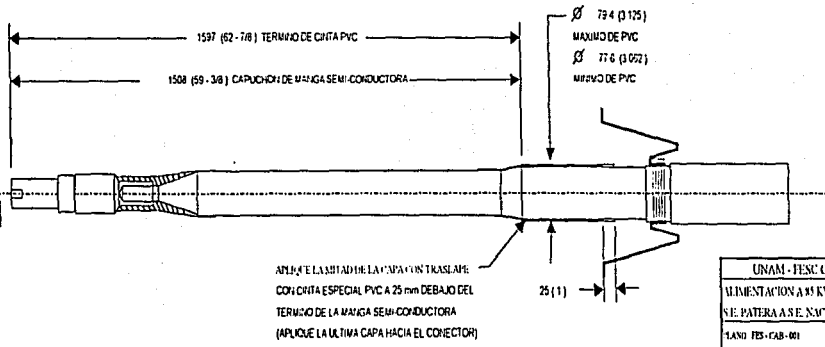
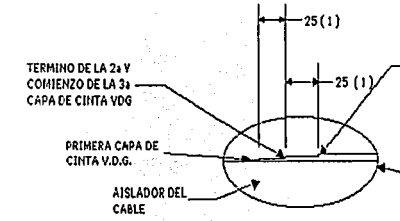
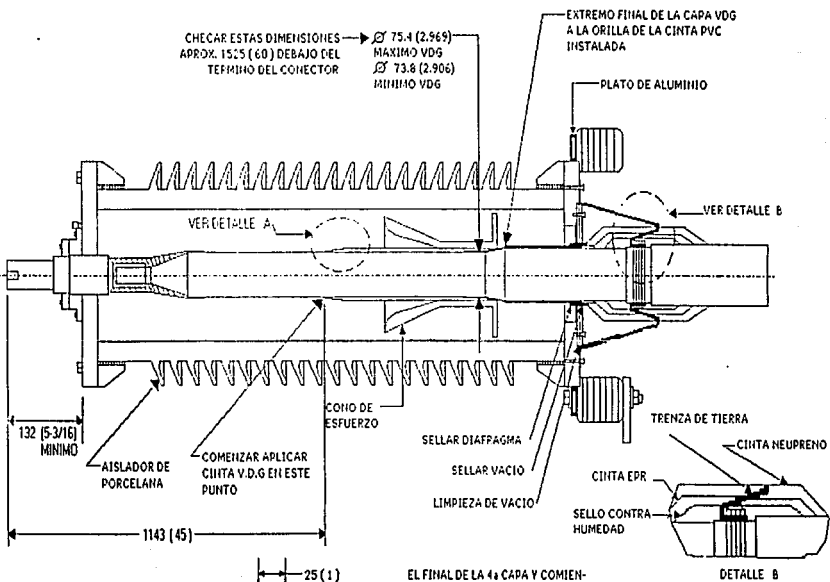


FIGURA 4

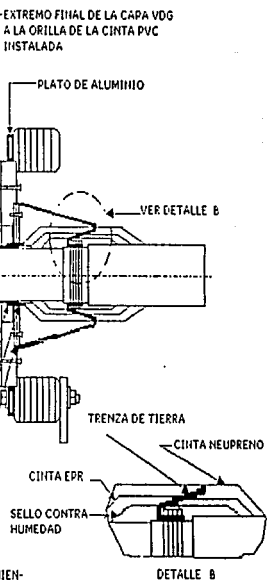
| |
|---|
| UNAM - FESC C 4 |
| ALIMENTACION A 45 KV DE VE. PATERA A S.E. SACTH. |
| PLANO TES-CAB-001 |
| PREPARACION DEL CABLE PARA LA INSTALACION DE SU TERMINAL. |

67 B

TESIS CON FALTA DE ORIGEN



EL FINAL DE LA 4a CAPA Y COMIENZO DE LA 5a CAPA DE CINTA V.D.G., CUALQUIER CAPA ADICIONAL REQUERIDA DEBERA SER ESCALONADO INCREMENTANDO SIMILAR A 25 mm (1")



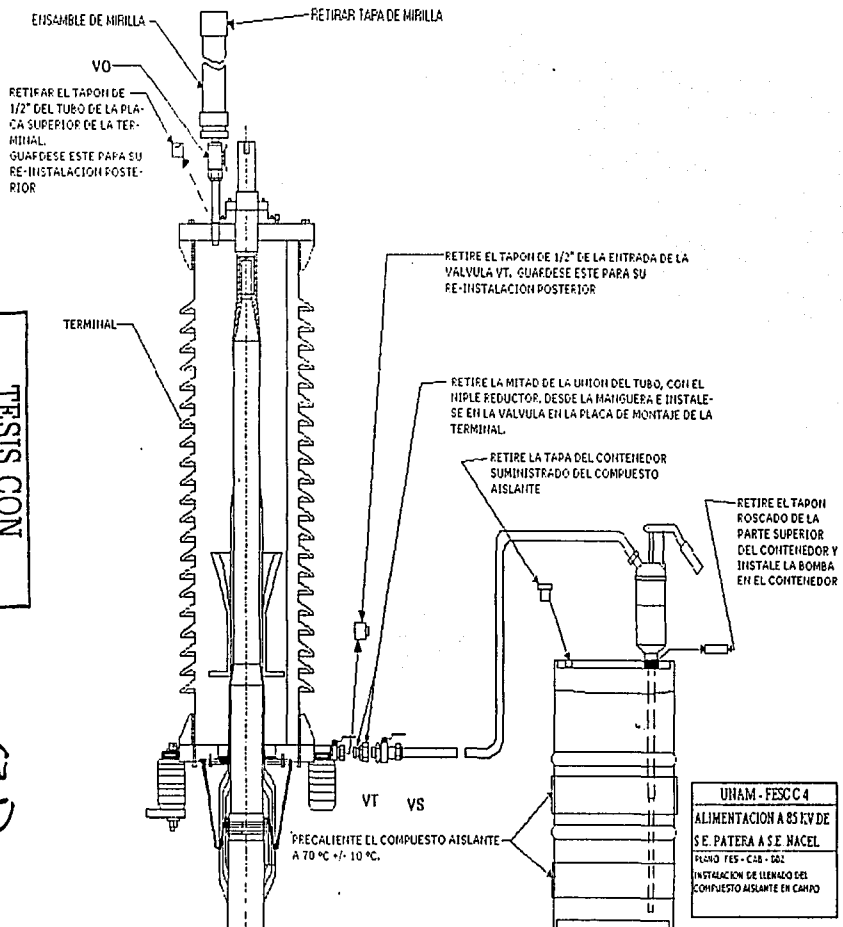
| |
|---|
| UNAM - FESC C-4 |
| ALIMENTACION A 85 KV DE S.E. PATERA A S.E. NACEL |
| PLANO TES - CAB - 001 |
| PREPARACION DEL CABLE PARA LA INSTALACION DE SUTERMINAL |

FIGURA 5

67 C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

67 D



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

REINSTALAR EL TAPON DE 1/2" (APLIQUE CINTA DE TEFLON A LA SECCION ROSCADA)

PISTOLA DE CARGA DE LA TERMINAL

REISTALE EL TAPON DE 1/2" (APLICAR CINTA DE TEFLON)

ENSAMBLE DE MAHOMETRO

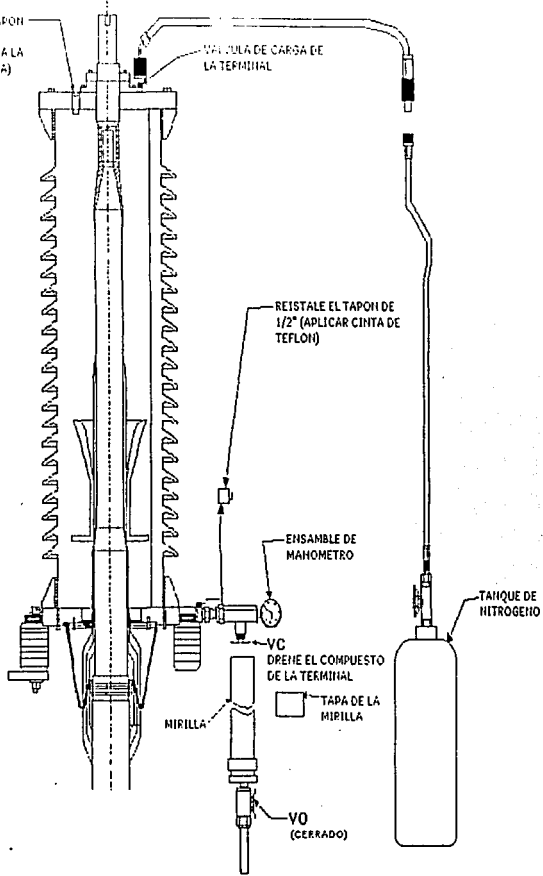
TANQUE DE HIPOGENO

VC
DREHE EL COMPUESTO DE LA TERMINAL

TAPA DE LA MIRILLA

MIRILLA

VO
(CERRADO)



UNAM - FESCC 4
ALIMENTACION A 85 KV DE
S.E. PATERA A S.E. MACEL
 PLANO FES - CAB - 002 - 01
 INSTRUCCIONES DE LLENADO DEL
 COMUESTO ASUMANTE EN CAMPO

4.3.3 Hilo piloto (fibra óptica)

La tendencia moderna es de, instalar en un cable de hilo piloto de fibra óptica en ductos subterráneos.

A continuación se mencionan algunos conceptos teóricos de la transmisión de la luz por fibra óptica y posteriormente se explica el procedimiento de instalación.

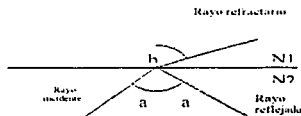
I. Teoría de la transmisión de la luz por fibra óptica

a) Principios físicos

La fibra óptica está fabricada con óxido de silicio (SiO_2) y está compuesta por un núcleo y un revestimiento que se distinguen solo por su índice de refracción.

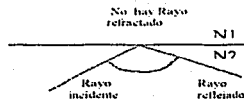
La transmisión se explica por la reflexión que sufre la luz al atravesar dos medios con distinto índice de refracción. La ley que rige este proceso se llama Ley de Snell y relaciona el ángulo de refracción con el de incidencia:

LEY DE SNELL



Si el ángulo "a" del rayo incidente es pequeño, hay rayo refractado.

$$n_1 (\text{sen } b) = n_2 (\text{sen } a)$$



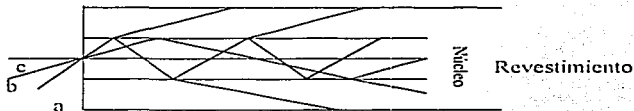
$$N_2 > N_1$$

Si el ángulo "a" del rayo incidente es superior a un cierto ángulo se llama "rayo crítico" no hay rayo refractado.

Para que un rayo de luz incidente al inicio de la fibra óptica se propague, es necesario que el ángulo que forma dicho rayo con la fibra sea superior al "ángulo crítico", de esta forma, al no haber rayo refractado, no se pierde energía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo con la Ley de Snell, un rayo de luz en el interior de la fibra óptica se propagaría como sigue:



- El rayo "a" acabará por desaparecer puesto que va perdiendo energía.
- Los rayos "b" y "c" se mantienen dentro del núcleo.

A partir del valor del ángulo crítico se determina la apertura numérica, es decir, el ángulo máximo que puede formar la luz incidente con el eje de la fibra para que se transmita.

b) Atenuación

Aunque no haya refractado, parte de la energía se pierde en el núcleo debido a las impurezas del material.

La atenuación podría medirse en vatios/km, pero por facilidad de cálculo se mide en dB/km.

Ejemplo:

Spongamos una fibra con atenuación 3 dB/km. Esto significa que cada kilómetro, la potencia se reduce a la mitad.

| fibra de 3 dB/Km | | | |
|------------------|--------|---------|-----------|
| 0 Km | 1 Km | 2 Km | 2.5 Km |
| 1 mW | 0.5 mW | 0.25 mW | 0.1768 mW |
| 0 dBm | -3 dBm | -6 dBm | - 7.5 dBm |

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

c) Ancho de banda

Indica la capacidad del medio para transportar información. Se mide en Hz. Esta medida se suele utilizar para transmisiones analógicas.

Este parámetro se utiliza solo para fibras ópticas del tipo multimodo.

En la fibra óptica el ancho de banda disminuye con la distancia. Por ello se expresa en MHz/Km.

Ejemplo:

Supongamos una fibra multimodo con un ancho de banda de 500 MHz/Km. y una separación de 10 Km. Si tomamos una señal de audio con un ancho de banda de 4 KHz y una señal de video con un ancho de banda de 12.5 Mhz tendremos que:

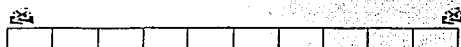


Diagrama de una línea de transmisión con un ancho de banda dividido en segmentos. La línea comienza y termina con un símbolo de antena. Hay 10 segmentos iguales a lo largo de la línea.

| | | |
|----------------|---------|--------|
| 0 Km | 5 Km | 10 Km |
| Ancho de banda | 100 MHz | 50 MHz |
| Canales audio | 25000 | 12500 |
| Canales video | 8 | 4 |

d) Dispersión cromática

Al igual que el ancho de banda, la dispersión cromática indica la capacidad del medio para transportar información. Se mide en segundos y expresa lo que se alarga temporalmente un pulso al recorrer una distancia. Esta medida se utiliza para transmisiones digitales.

La dispersión cromática es debida a la diferente velocidad de propagación de la luz a distintas longitudes de onda por lo que depende no solo de la fibra óptica sino también del espectro del emisor.

Este parámetro es relevante sólo para monomodo; en fibra multimodo el ancho de banda es el parámetro más restrictivo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la fibra óptica la dispersión cromática aumenta con la distancia y depende además de la calidad del emisor. Se expresa en ps/(nm.Km) en donde 1 ps = 10^{-12} segundos y 1nm = 10^{-9} metros. Esta última unidad depende del emisor utilizado e indica el ancho espectral (expresado en longitud de onda) de la fuente.

Ejemplo:

Supongamos una fibra monomodo con una dispersión de 3.5 ps/(nm.Km), un emisor láser de 1 nm de ancho espectral y unos equipos de transmisión de 140 Mb (PVM 2100 canales audio) con una dispersión máxima permitida de 350 ps:

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|---|-----------------------------|---|----------------------------------|
| Dispersión Máxima Permitida | = | Dispersión Fibra Óptica | * | Ancho espectral láser | * | Distancia máxima admisible |
| 350 ps | = | 3.5 ps/(nm.km) | * | 1nm | * | 100km |

NOTA: En caso de transmisores digitales, el uso de regeneradores de señal hace que estos cálculos se tengan que realizar tan solo en el tramo de regeneración más crítico, puesto que los regeneradores, tal como su nombre indica, generan una señal idéntica a la que generó el emisor salvo errores de transmisor (bit error rate)

e) Longitud de onda de corte

Si el núcleo de la fibra es "grande" con respecto a la longitud de onda de la luz, la fibra óptica propaga varios "modos" (fibra multimodo), en caso contrario propaga un solo "modo" (fibras monomodo).

Las fibras monomodo, propagan un solo "modo" en 2^a y 3^a ventanas (1310nm y 1550nm) pero en la ventana (850nm) propagan varios "modos" puesto que el núcleo ya es "grande" con respecto a esta longitud de onda.

La longitud de onda de corte es el punto en donde la fibra de ja de ser multimodo. Por ello es necesario que la longitud de onda de corte este por debajo de la 2^a ventana.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

En el proceso de fabricación del cable y debido al paso de cordura de las fibras, la longitud de onda de corte suele descender un mínimo de 100nm.

2. Fabricación de la fibra óptica y del núcleo óptico

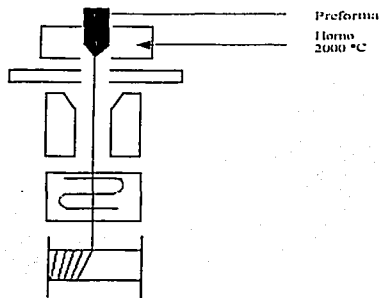
a) Fabricación de las fibras ópticas

Las fibras ópticas de calidad se fabrican con sílice (SiO_2) y diversos óxidos dopantes (B_2O_3 , P_2O_5 , GeO_2 ,...).

La fibra óptica se fabrica a partir de un cilindro de varios milímetros de diámetro llamado PREFORMA, compuesto de sílice y dopantes en proporciones que varían del centro al exterior, de forma que el índice de refracción resultante disminuye del centro al exterior, formando una fibra a escala.

La técnica de fabricación de PREFORMAS consiste en formar vapor de los distintos componentes de la sílice y los dopantes y hacerlos reaccionar formando una capa de material cristalino. Depositando sucesivas capas con distintas composiciones se consigue el perfil de índice adecuado.

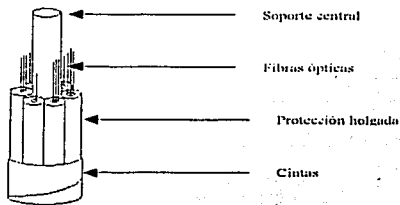
Una vez obtenida la preforma, ésta se calienta en un horno y se estira hasta conseguir el diámetro adecuado (125 nm). La fibra óptica obtenida conserva a escala las variaciones del índice de refracción de la preforma.



Esquema de una línea de fibra óptica a partir de una preforma.

b) Fabricación del núcleo óptico

El núcleo óptico está formado por un soporte central alrededor del cual se reúnen los tubos de protección holgada conteniendo una o varias fibras.



En la fabricación de los tubos de protección holgada es muy importante controlar la relación entre la longitud de fibra y la longitud del tubo. A esta relación se le llama RIQUEZA DE FIBRA.

Supongamos un cable óptico con riqueza cero (longitud fibra = longitud tubo, lo que implica que la fibra óptica se encuentra en el centro del tubo) diseñado para soportar temperaturas de -30°C y tracciones de 200kg.

La contracción y dilatación del cable dependerá de los materiales usados en su construcción. La capacidad de resistir estas deformaciones dependerá de la construcción del núcleo óptico.

La normativa europea considera que la fibra puede alargar hasta un tercio de la prueba de tracción a la que se someten las fibras.

Otro tipo de protección es la ajustada en la que, como su nombre indica, la fibra se queda sujeta por la protección. Las fibras protegidas de este modo sufren las mismas contracciones y dilataciones que el cable. Los cables con protección ajustada son necesarios cuando se precisan conectores puesto que estos no pueden instalarse en cables con protección holgada.

3. Tipos de cable y su composición

La composición y las características que debe presentar el cable (compuesto) tierra - óptico OPGW ADP son las siguientes.

Composición:

- Capacidad: 12 fibras ópticas.
- Número de fibras por tubo: 4
- Número de tubos: 3
- Material del elemento central. Hilados de aramida
- Núcleo óptico protegido por cintas sintéticas y relleno con gel antihumedad y absorbente de hidrógeno
- Tubo de aluminio de 5.1 mm de diámetro interior y 8.36 mm de exterior.
- Armadura compuesta de 12 hilos de acero recubiertos de aluminio
20.3% IACS según ASTM B415 y 2 hilos de aleación de aluminio según IEC 104 de 2.29 mm de diámetro.
- Sentido de cordatura: a izquierda (S).

Características:

- Diámetro exterior 12.9 mm.
- Sección metálica (a efecto de cálculos tracción /alargamiento): 92 mm².
- Peso 470 kg/km.
- Carga mínima de rotura: 65 kN.
- Módulo de elasticidad mínimo (a efecto de cálculos tracción / alargamiento): 105 kN/mm²
- Coeficiente de dilatación lineal : $15.1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.
- Resistencia eléctrica máxima: 0.51 ohm/km.
- Rango de temperatura de operación: -30 °C a 70 °C
- Corriente de corto circuito:
 - temperatura inicial: 50 °C
 - temperatura final: 200 °C
 - energía máxima aceptable: 65 KA² s
 - corriente máxima aceptable para 0.3 s: 14.7 KA
- Diámetro de curvatura mínimo aceptable:
 - durante la instalación: 800mm
 - en el dispositivo de freno: 1200mm
 - después de la instalación: 600mm

CABLE ÓPTICO AUTOSOPORTADO OPSYCOM ASD10

General: Cable totalmente dieléctrico para instalar autosoportado en líneas eléctricas aéreas.

Construcción:

- Capacidad: 12 fibras ópticas.
- Número de fibras por tubo: 4
- Número de tubos: 3
- Número de rellenos: 3
- Material del elemento central: resina reforzada con fibras de vidrio.
- Relleno de los tubos: gel antihumedad.
- Cubierta interna: polietileno alta densidad.

- Material de refuerzo: hilados de aramida.
- 4. • Cubierta externa: termoplástica antitracking de color azul.

Características:

- Diámetro exterior máximo: 14.0 mm.
- Peso máximo: 190 kg/km.
- Tracción máxima sin aumento de la atenuación: 10 kN.
- Rango de temperaturas de operación: de -30°C a 70°C .
- Radio mínimo de curvatura: 350 mm.

CABLE ÓPTICO OPSYCOM EKE

General: cable de uso general totalmente dieléctrico.

Construcción:

- Capacidad: 12 fibras ópticas
- Número de fibras por tubo : 4
- Número de tubos : 3
- Número de rellenos: 3
- Material de elementos central: resina reforzada con fibras de vidrio
- Relleno de los tubos: gel antihumedad
- Relleno de núcleo óptico: gel antihumedad
- Cubierta interna: polietileno lineal de baja densidad
- Material de refuerzo: hilados de aramida
- Cubierta externa: polietileno lineal de baja densidad

Características:

- Diámetro exterior nominal: 11.7 mm
- Peso nominal: 100 Kg/Km
- Tracción máxima sin aumento de la atenuación: 200 Kg
- Rango de temperaturas de operación: de -30°C a 70°C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CABLE ÓPTICO ADOSADO OPSYCOM EKM

General: Cable totalmente dieléctrico para instalar adosado al cable tierra en líneas eléctricas

Construcción:

- Capacidad: 12 fibras ópticas
- Número de fibras por tubo : 4
- Número de tubos : 3
- Número de rellenos: 3
- Material de elementos central: resina reforzada con fibras de vidrio
- Relleno de los tubos: gel antihumedad
- Relleno de núcleo óptico: gel antihumedad
- Cubierta interna: polietileno lineal de baja densidad
- Material de refuerzo: hilados de aramida
- Cubierta exterior : termoplástica antitracking de color azul.

Características:

- Diámetro exterior nominal: 11.7 mm
- Peso nominal: 120 Kg/Km
- Tracción máxima sin aumento de la atenuación: 200 Kg
- Rango de temperaturas de operación: de -30 °C a 70 °C
- Radio mínimo de curvatura : 220mm

Identificación de los componentes del cable de fibra óptica.

Todos los cables ofertados tienen 3 tubos con 4 fibras cada tubo.

Color tubos:

- Verde
- Blanco
- Rojo

Color fibras:

- amarillo
- Rojo
- verde
- azul

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se describe el cable de fibra óptica que se instaló en el cable Patera - Nacel.

El cable de fibra óptica que se instaló en este cable de Patera-Nacel es de una sola pieza, es decir, no cuenta con ningún empalme.

4. Generalidades sobre la instalación de los cables ópticos subterráneos

Nunca es conveniente realizar tendidos a temperaturas ambientales bajas, que se hacen prohibitivas por debajo de cero grados centígrados.

En la instalación del cable, siempre que sea posible, se intentará favorecer el deslizamiento mediante rodillos. Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro, dispondrán de una base adecuada que, con o sin anclaje, impidan que vuelquen y una garganta por la que discorra el cable para evitar su salida.

Los rodillos se distanciarán entre sí de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos. En los puntos de recorrido en que haya cambios de dirección deben disponerse otros rodillos verticalmente para evitar el ceñido del cable al borde de la zanja o de la canalización.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las diferentes posiciones que adopta el cable.

En las instalaciones del cable en galería, se pueden utilizar poleas en lugar de rodillos.

Transporte, carga y descarga

- a) Las bobinas se transportarán siempre en pie, nunca sobre los platos laterales.
- b) Para la carga debe embragarse la bobina con un eje o barra de acero, alojados en el orificio central. La braga o estrobo no deberá ceñirse contra la bobina al quedar ésta suspendida, para lo cual se dispondrá un separador de cables de acero.

- c) La descarga se hará de forma idéntica a la carga. En casos extremos, en que sea difícil o muy costoso disponer de un elemento de suspensión para la descarga, se puede emplear el sistema de colocar un montón de arena en rampa cuya altura llegue prácticamente a la altura de la plataforma del vehículo.

Almacenamiento y traslados

- a) Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas a la intemperie, sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado. Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, deben taponarse los extremos del cable.
- b) Las bobinas se almacenarán con una etiqueta anti-intemperie identificando la matrícula de la bobina así como su longitud.

Emplazamientos para el tendido

- a) La bobina se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alineación del tendido.
- b) Los elementos de elevación usuales son gatos hidráulicos y una barra de las dimensiones convenientes alojada en el orificio central de la bobina. La elevación de ésta respecto al suelo será de 10 a 15 cm.

Métodos de instalación:

Las precauciones iniciales que se deben tomar antes de tender son:

- a) Las puntas del cable estarán convenientemente selladas para evitar el ingreso de agua y/o suciedad.
- b) La cuerda de tiro estará en perfectas condiciones, será especial anti-torsión y con una carga rotura superior a 500 Kg.

ESTA TESIS SALE
DE LA BIBLIOTECA
FALLA DE ORIGEN

- c) La cuerda de tiro estará unida al cable óptico mediante un giratorio y una camisa de tendido, ambas de las medidas adecuadas. Además se realizará un amarre de los hilados de aramida del cable sobre la camisa de tiro, en el caso de que llevase cintas de aramida bajo ningún concepto se amarrarían.
- d) El soporte central del núcleo se fijará. Ello se consigue colocando una abrazadera metálica al final de la camisa de tiro y que apricte sobre el cable.
- e) La bobina girará en el sentido de la flecha que lleva marcada en el lateral. La salida será por la parte superior de la bobina.

Sistema de instalación de cables directamente enterrados y en canalización:

Dentro de los sistemas que se emplean para la instalación de cables enterrados y en canalización. En este documento trataremos los más utilizados. Ello no supone que lo que no mencionaremos no sean válidos.

a) Método de tiro directo, mediante personal operativo

Se conecta una cuerda de tiro a la punta del cable mediante una camisa de tiro, sobre esta cuerda el personal operativo aplicará su fuerza y se irá arrastrando el cable.

El cable pasa sobre una serie de rodillos que se han colocado para evitar los rozamientos. Cuando la longitud del cable instalado provoca que se deba realizar una gran tracción en la punta, se tendrá que distribuir personal a lo largo del recorrido para que ayuden al tiro.

Este sistema es simple, pero requiere de un gran número de personal.

b) Tendido mediante cabrestante

En este sistema, se tiende a lo largo de la zanja o canalización una cuerda de tiro, la cual se conectará al cable óptico mediante una camisa de tiro y un giratorio.

En los tendidos mediante cabrestante se ha de tener muy en cuenta la tracción de tiro, debido que al mínimo obstáculo la resistencia es muy elevada. Por ello es recomendable que sólo se utilicen los cabrestantes en tiradas rectas y sin desniveles.

También es útil distribuir personal a lo largo del recorrido para ayudar en el tiro.

El cabrestante debe incorporar dinamómetro, debe estar calibrado correctamente. Como norma se tendría que realizar un calibrado del dinamómetro antes de proceder a la instalación del cable controlando que la desconexión se realiza a la tracción programada.

Sistemas de instalación de cables enterrados y en canalización entubados:

Generalmente en las instalaciones de cable bajo tubo se instala inicialmente el tubo. Existen sistemas mecanizados de instalación conjunta del tubo y el cable.

En el caso de instalación en canalización se puede tener el tubo mediante un cabrestante, y en el cable de una zanja, se pueden desplazar los carretes con el conducto mediante un remolque y desenrollándolo para colocarlo.

El empalme de distintas secciones de conducto se realiza mediante termorretráctil o manguitos de unión específicos.

En las zanjas, se debe prever dejar arquetas cada cierta distancia. En las que no se efectúen empalmes, el cable será protegido mediante tubo de PE flexible unido al conducto mediante manguito termorretráctil.

La cuerda de tiro se coloca normalmente una vez tendido el sub-conducto, generalmente mediante un procedimiento neumático.

El tendido del cable se puede realizar a mano, con cabrestante o con sistema neumático.

Sistemas de instalación de cables en galerías:

Los sistemas que se pueden emplear en la instalación de cables ópticos en galerías son idénticos a los comentados para cables enterrados o en canalización. La única diferencia es que existe la posibilidad de poder colocar poleas en la galería y así se asemejaría a la instalación de un cable aéreo.

Se debe remarcar que la instalación de cables en galería puede ser muy compleja dependiendo de la posibilidad de no poder acceder las bobinas de cable a la galería.

Factores a tener en cuenta durante la instalación:

- a) La máxima tracción de tiro depende del tipo de cable que instalemos, y será un tercio de la tracción máxima del cable en instalación. Aunque la máxima tracción de tiro que se recomienda es de 150 Kg.
- b) La velocidad máxima de tendido será de 20 m/min.
- c) El personal del cabrestante, de la máquina de freno, de los pasos de polea y de la punta del cable debe estar comunicado mediante radios, y con sus baterías de repuesto.
- d) La empresa instaladora debe facilitar un radio al supervisor durante el tendido del cable, para así conocer en cada momento las condiciones de instalación.
- e) Todas las maniobras que impliquen un tiro sobre el cable se realizarán mediante camisa de tiro. En todas las maniobras se tendrán en cuenta el radio de curvatura del cable.
- f) El cable no debe rozar en ningún punto que no sean los rodillos o poleas.
- g) La bobina debe girar de forma constante y sin esfuerzo, lo que implica que tenga un sistema de ayuda (mecánico o hidráulico) para que el giro de la misma no éste provocado sólo por el tiro sobre el cable.

- h) Se debe comunicar cualquier problema que se ocasione en el cable, en caso contrario, y ante localizaciones de golpes, roces y daños sobre la cubierta del cable la responsabilidad será de la empresa instaladora.
- i) Los daños superficiales sobre la cubierta del cable pueden ser reparados, será el Supervisor el que debe indicar como. Ello se hará siempre con el consentimiento de la compañía propietaria del cable.

Responsabilidad del personal técnico

El personal técnico tiene la responsabilidad de que se cumplan las normas de instalación.

Ante una situación que no esté contemplada en las normas de instalación, siempre que se actúe sobre el cable óptico, será el Supervisor el que determine si la acción es correcta o no.

El personal técnico debe comprobar, antes de iniciar la instalación los útiles y maquinaria que se utilizará en la instalación. El instalador le facilitará una lista descriptiva con todos los elementos que se utilizarán.

El personal técnico determinará en el caso de producirse daños sobre la cubierta del cable si estos se pueden reparar y como hacerlo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPITULO V PRUEBAS PRELIMINARES A LA PUESTA EN MARCHA EN SERVICIO DEL CABLE DE POTENCIA

Cada vez se exige más confiabilidad en las instalaciones eléctricas, específicamente en los cables, respecto a continuidad de servicio, economía en operación y vida útil. Es por ello necesario que los cables funcionen en condiciones óptimas, y para estar seguro de ello, se requiere efectuar pruebas en diferentes momentos de su vida.

Durante la vida de un cable de potencia, para tensión igual o mayor de 5 KV, se le puede aplicar una variedad de pruebas de alta tensión que se pueden clasificar como sigue:

| | | |
|--------------------------|-------------|-----------|
| Pruebas de fabrica | C.A. o C.D. | 100 % |
| Pruebas de instalación | C.D. | 80 % |
| Pruebas de verificación | C.D. | 50 - 60 % |
| Pruebas de mantenimiento | C.D. | 50 % |

Las pruebas de fabrica son aplicadas automáticamente a cada longitud de cable después de terminado y sirven para juzgar si estuvo bien fabricado.

Las pruebas de instalación se efectúan en el cable inmediatamente después de instalado y antes de ser puesto en operación.

Las pruebas de verificación son las que se aplicarían al cable, en caso necesario, poco después de haber sido puesto en operación y en todo caso en el periodo de garantía.

Las pruebas de mantenimiento son las que se aplicarían a través de la vida del cable para vigilar su estado.

El interés que pudiera presentar el probar los cables de potencia antes de ponerlos en operación estriba principalmente en las siguientes razones:

- Descubrir daños que pudieran haber sufrido el cable durante el manejo, transporte e instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Descubrir errores de instalación, para corregirlos antes de energizar.
- Obtener información de referencia para comprobar resultados en pruebas futuras.

5.1 Pruebas generales

A criterios de la empresa instaladora y previo acuerdo con la compañía de ConduMex después de la instalación de los tres cables de potencia que comprenden a los tramos entre cada pozo, o en su caso a los tramos de subestaciones a pozos, se realiza una prueba de integridad de la cubierta exterior a cada cable. Cuando se encuentren terminados los trabajos de empalmes y terminales de cada circuito, se realiza la misma prueba a cada una de los mismos, es decir, se verifica la integridad de la cubierta exterior del circuito de Subestación Patera a Subestación Nacel.

5.1.1 Tipos de prueba y equipos.

Existen dos grandes grupos de equipos de prueba en alta tensión que son de corriente alterna y de corriente directa con las siguientes características sobresalientes:

Corriente Alterna
 Tienen que alimentar las corrientes reactivas y de dispersión.
 Equipo de alta potencia.
 Equipo pesado.
 Fatiga el aislamiento con pruebas repetitivas.

Corriente Directa
 Alimenta solo la corriente de dispersión.
 Equipo de baja potencia.
 Equipo ligero.
 No deteriora el aislamiento con aplicaciones sucesiva.
 Brinda más información del estado del aislamiento.

Por las características anteriores, en pruebas de campo es usado equipo de corriente directa ya que es realmente portátil y requiere poca potencia de alimentación.

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

Esquema general del circuito de prueba aparece en la fig.8.

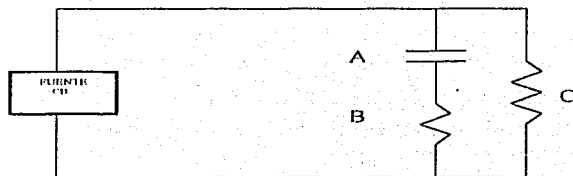


FIG.8 ESQUEMA DEL CIRCUITO DE PRUEBA

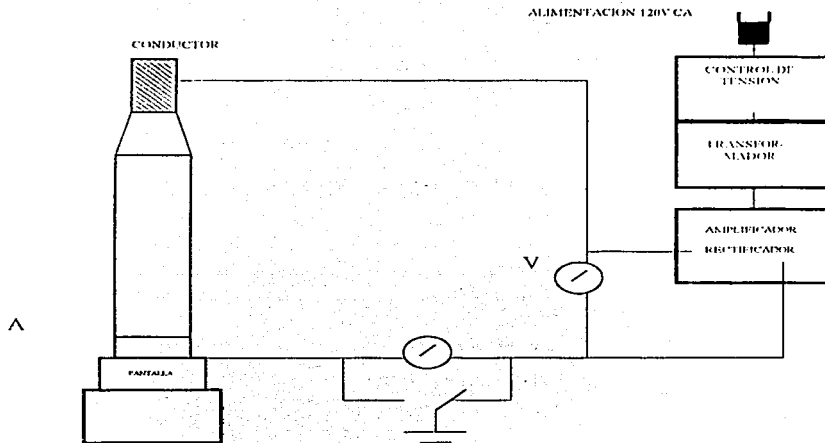


FIG. 9 DIAGRAMA DE CONEXIONES.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para hacer posible las pruebas, es necesario hacer ciertas preparaciones entre las que se cuentan:

- Tener totalmente terminada la instalación del cable, las terminales del cable deben estar al aire, o sea desconectadas de cualquier equipo.
- Disponer de espacio necesario para separar las dos puntas al menos 2.5 cm por cada 10 KV de prueba entre sí y respecto a cualquier estructura o equipo.
- Disponer de espacio necesario para el equipo de prueba y el personal que lo opera.
- Disponer de una alimentación de energía de 120 VCA de 10 a 20 amperes. Fig. 9.
- Disponer de los planos del circuito o de los circuitos o contar con el personal que los conozca.
- Disponer de tiempo holgado para poder probar posteriormente comentar los resultados.

5.1.2 Pruebas de integridad de la cubierta exterior (pozo a pozo)

Esta prueba se lleva a cabo por parte de laboratorio de Luz y Fuerza del Centro. Laboratorio construcción es citado por parte de la sección de obras mecánicas que es la encargada de la instalación del cable y estas pruebas se llevan a cabo a medida que avanzan los trabajos de instalación. La cubierta exterior se somete a una tensión de corriente continua de 15 KV, durante 10 minutos, la tensión es aplicada entre la pantalla metálica de plomo y la cubierta exterior, la cual es conectada a tierra.

Proceso general de prueba.

Verificar que la instalación este desenergizada, terminada parcial o totalmente, e inspeccionar tanto las terminales como los empalmes si es que ya existen.

Preparar las terminales y colocarlas en forma conveniente para las pruebas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Amar el equipo de alta tensión y tomar medidas de seguridad en el área de pruebas.

Efectuar la prueba propiamente dicha que consiste en:

- Elevación de tensión en etapas, tomando las lecturas de la corriente, hasta llegar al valor de prueba (15 KV CD).
- Mantener la tensión por el tiempo prescrito, tomando lecturas de los valores de corriente a través del tiempo (10 minutos)
- Interpretar y comentar los resultados.

Bajo la aplicación de tensión el cable toma corriente por los siguientes conceptos:

- Corriente capacitiva o sea la corriente de carga, debido a que el cable es un condensador. Esta carga se conserva en el cable.
- Corriente de absorción que toma el aislamiento al polarizarse debida al incremento de la intensidad del campo eléctrico. Esta carga también se conserva en el cable.
- Corriente de fuga, debida a la ruptura dieléctrica de las pequeñas imperfecciones de la cubierta exterior.

Al estabilizarse la tensión de prueba con el paso del tiempo, la corriente de carga está prácticamente ausente, la corriente de polarización va disminuyendo y la corriente de fuga debe de permanecer constante.

Los resultados de cada una de las pruebas se muestran en el apéndice 1.

5.1.3 Prueba de integridad de la cubierta exterior (subestación a subestación)

Esta prueba se lleva a cabo por parte de un laboratorio certificado internacionalmente, este es citado por parte de la Sección de Obras Mecánicas que es la encargada de la instalación del cable y estas pruebas se llevan a cabo a medida que se concluyen los trabajos de instalación. La cubierta exterior de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

todo el circuito se somete a una tensión de corriente continua de 15 KV, durante 10 minutos, la tensión es aplicada ante la pantalla metálica de plomo y la cubierta exterior, la cual es conectada a tierra.

Proceso general de prueba

Verificar que la instalación esté desenergizada, terminada parcial o totalmente, e inspeccionar tanto las terminales como los empalmes si es que ya existen.

Preparar las terminales y colocarlas en forma conveniente para la prueba.

Armar el equipo de alta tensión y tomar medidas de seguridad en el área de pruebas.

Efectuar la prueba propiamente dicha que consiste en:

- Elevación de tensión en etapas, tomando las lecturas de las corrientes, hasta llegar al valor de prueba (15 KV CD).
- Mantener la tensión por el tiempo prescrito, tomando las lecturas de los valores de corriente a través del tiempo (15 minutos).
- Interpretar y comentar los resultados.

Bajo la aplicación de tensión el cable toma corriente por los siguientes conceptos:

- Corriente capacitiva o sea la corriente de carga, debido a que el cable es un condensador. Esta carga se conserva en el cable.
- Corriente de absorción que toma el aislamiento al polarizarse debida al incremento de la intensidad de campo eléctrico. Esta carga también se conserva en el cable.
- Corriente de fuga, debido a la ruptura dieléctrica de las pequeñas imperfecciones de la cubierta exterior.

Al estabilizarse la tensión de prueba con el paso del tiempo, la corriente de carga está prácticamente ausente, la corriente de polarización va disminuyendo y la corriente de fuga debe de permanecer constante.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.1.4 Interpretación de los resultados de las pruebas

No siempre que resulte una prueba con "PROBLEMA" se debe al cable, más frecuentemente es ocasionada por una preparación inadecuada del cable, la cual debe buscarse y corregirse. Si después de ello persiste tal tendencia, la falla puede deberse a terminales o empalmes mal ejecutados, o golpes serios recibidos por el cable durante el manejo o instalación y por último a algún defecto general en el dieléctrico del cable.

Para la interpretación de los resultados es necesario contar con experiencia ya que el valor de las corrientes dependen de muchos factores como tipos de cable, tensión nominal, tipo de aislamiento, tipo de terminales, longitud del cable, y en gran parte al ambiente y al cuidado con que se hayan hecho las preparaciones de las pruebas.

Como último caso, está es una prueba que tiene validez como "PASA" o "NO PASA" y es principalmente en esta forma en que las especificaciones mencionada las recomiendan. Las ventajas que ofrece efectuar las pruebas de instalación son las siguientes:

Possibilidad de energizar los circuitos con una alta certeza de que fueron correctamente instalados y de que el cable no sufrió daños.

En caso alguno de que alguna de las situaciones anteriores no se cumpla, es posible detectar errores que pueden ser corregidos, evitando así daños mayores que pudiera resultar en alguna falla al energizar, las cuales pueden afectar no solo al mismo cable y sus accesorios, sino el equipo conectado o cercano a él, sin contar las pérdidas por concepto de retraso en el proyecto, o interrupciones en otras instalaciones que formen parte del sistema.

Con ventaja adicional permite determinar los responsable en caso de errores y daños.

Traduciendo estas ventajas en términos económicos, queda más que compensado el costo que implica probar los cables, comparándolo con las consecuencias de una falla que tenga repercusiones tanto en los elementos del circuito como en los ajenos a él.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 Prueba previa a la puesta en servicio del cable de potencia

5.2.1 Prueba del sistema completo del cable de potencia

Para verificar la instalación del sistema completo, el cable y su accesorios deben ser sometidos a una tensión en corriente alterna de 85 KV entre fase durante 24 horas. No debe presentarse ninguna anomalía en todos los componentes del sistema.

El cable de potencia se prueba en vacío, por lo tanto los interruptores de llegada o de acometida de la subestación Nacel se deben encontrar abiertos. La realización de esta prueba es en forma independiente a cada circuito, por lo tanto es necesario llevarla a cabo en forma separada; inicialmente se efectúa la prueba del circuito Patera - Nacel.

Es importante mencionar la coordinación que se requiere por parte de las áreas que intervienen en la realización de las pruebas, para la conclusión de esta obra.

Antes de iniciar las maniobras de la licencia en Subestación Patera se tienen las siguientes condiciones:

Las cargas de Subestación Patera se encuentran repartidas entre barra 1 y barra 2, antes de alimentar al cable de potencia.

Una vez que se analizan los procedimientos, se procede a la realización de las pruebas:

- Se establece comunicación con el operador de la subestación Patera y se pide abrir los interruptores de entrada, cuchillas de entrada y cuchillas de tierra. Se verifica que sean operadas desde tablero y físicamente en campo.

- Se pasa toda la carga de subestación Patera a barras 1 con el fin de que barras 2 quede libre para que sea quien alimente al cable de potencia de Nacel. Se cierra el interruptor de amarre entre barras 1 y 2.

- Cuando se abren los interruptores de entrada de subestación Nacel, se cierra el interruptor del cable Nacel en subestación Patera, alimentando así el cable de potencia en vacío.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Se solicita a laboratorio y pruebas construcción registrar los valores de los perímetros que intervienen.

- Se solicita a comunicaciones revisar el buen funcionamiento de las protecciones en la subestaciones de Luz y Fuerza del Centro, en este caso únicamente opera la protección de respaldo de la subestación Patera dado que en subestación Nacel no se cuenta con corriente directa para los relevadores direccionales.

- El operador de la subestación de Luz y Fuerza del Centro registra los valores de los parámetros de prueba del cable de potencia cada hora.

El circuito Patera – Nacel “PASA” la prueba, al no presentar ningún problema en vacío.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VI

PUESTA EN SERVICIO DEL CABLE DE POTENCIA

La puesta en servicio del cable de potencia, en su procedimiento es muy similar al de la prueba del sistema completo a 85 KV por 24 horas. A continuación se mencionan los pasos a seguir para alimentar en forma permanente al cable de potencia:

- Se establece comunicación con el operador de la subestación Nacel y se pide abrir los interruptores de entrada, cuchillas de entrada y cuchillas de tierra del circuito alimentador (circuito Patera-Nacel). Se verifica que sean operadas desde tablero y físicamente en campo.
- Cuando se encuentran abiertos los interruptores y cuchillas de entrada en Subestación Nacel, se cierra el interruptor del cable Nacel en Subestación Patera, alimentando así a los cables en vacío.
- Se solicita a laboratorio y pruebas construcción registrar los valores de los parámetros que intervienen.
- Se solicita a comunicaciones revisar el buen funcionamiento de las protecciones en las subestaciones de Patera y Nacel.
- Los operadores de la subestación de Luz y Fuerza del Centro registran los valores de los parámetros de prueba de los cables de potencia cada hora.

A diferencia de las pruebas de 24 horas a 85 KV, cada cable es tomado en cuenta como un alimentador más y no se realiza la libranza de las barras de las subestaciones Patera a fin de dejar un juego de barras exclusivo para cada cable.

Al momento de energizar el circuito alimentador de la subestación Patera en forma permanente se levanta un acta de entrega de los cables de potencia en forma interna de Luz y Fuerza del Centro, donde construcción obras mecánicas hace responsable del alimentador a operación sistema. Por otra parte se entrega un documento donde se informa al cliente que el alimentador

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

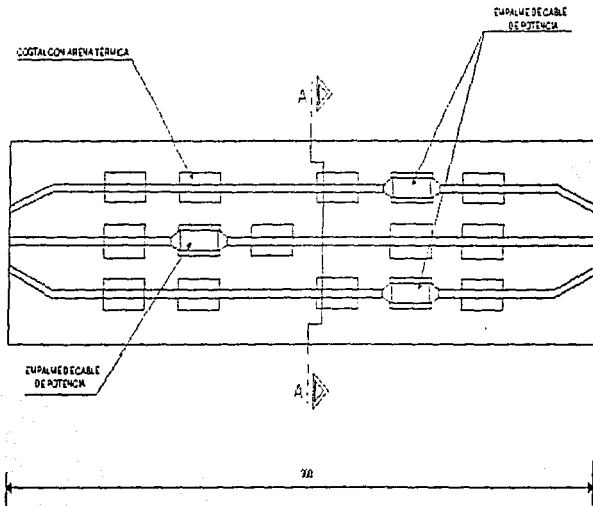
de la subestación Patera queda energizada, de esta forma el usuario pueda realizar pruebas de operación al equipo de su Subestación.

El cliente queda enterado que deberá informar a Luz y Fuerza del Centro todo tipo de pruebas a realizar en sus equipos, debiendo explicar la clase de prueba, mencionando la fecha y hora de la misma.

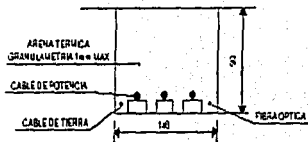
Finalmente se pone en operación el circuito alimentador de la subestación Nacel, que es designado como alimentador preferente y se procede a rellenar los pozos de empalme con arena térmica como se muestra en la fig. 10.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



SECCION A-A



DATOS DEL
 COSTAL DE ARENA:

- MATERIAL POLIPROPILENO
- GRANULOMETRIA DE ARENA 1mm MAX
- PESO APROXIMADO 25g

| |
|--|
| UNAM - FESCC 4 |
| ALIMENTACION A 35 KV DE |
| S.E. PATERA A S.E. NACEL |
| FIGURA 10 |
| SOPORTE DE EMPALMES CON COSTALES DE ARENATERMICA |
| NOT. 10 |

94A

CONCLUSIONES

La obra realizada para la alimentación eléctrica de la subestación Nacel por parte de Luz y Fuerza del centro, a significado un gran esfuerzo por modificar la imagen urbana de la Ciudad de México. La introducción de la red subterránea a 85 KV contribuye a este fin y aportará experiencias para promover futuros desarrollos de instalaciones similares tanto en el Distrito Federal como en el resto del país.

Seleccionar adecuadamente un cable de potencia no es solamente calcular el calibre del conductor, sino realizar un análisis cuidadoso de todos los elementos, para poder lograr:

- Un servicio confiable (libre de fallas).
- Larga vida de servicio.
- Conducción de energía más eficiente (bajas pérdidas)
- Regulación adecuada.
- Seguridad para el personal.

Es requisito indispensable expresar cuantitativamente y por orden de importancia que se espera del cable de potencia que se está seleccionando:

- Alta capacidad de conducción de corriente.
- Inmunidad a ciertos tipos de medio ambiente.
- Gran resistencia a los esfuerzos de tensión.
- Gran flexibilidad.
- Dimensiones y/o peso reducidos.
- Bajas pérdidas.
- Gran capacidad para soportar cortos circuitos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las principales variables externas que intervienen en la selección óptima de un cable de potencia son:

- Tensión entre fases
- Corriente de carga
- Tipo de instalación y de medio ambiente.
- Tipo de sistema eléctrico.
- Longitud del circuito.
- Temperatura del medio ambiente.
- Caída de tensión admisible
- Condiciones de corto circuito.
- Costos iniciales de la instalación y del cable.
- Costo de la energía eléctrica.
- Costo del capital invertido.

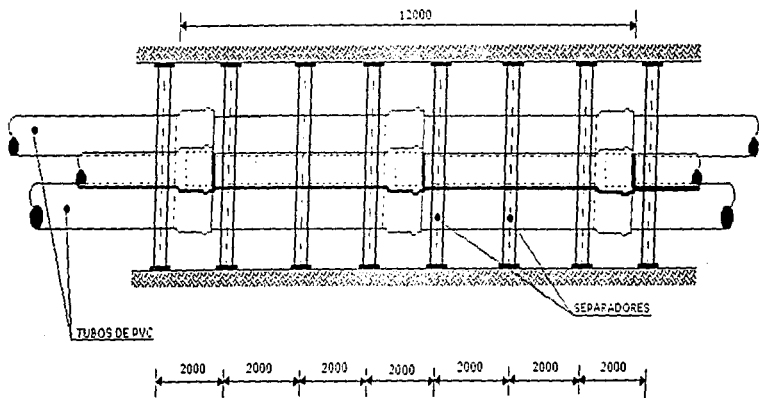
Por todo lo anterior es muy importante que el Ingeniero pueda definir claramente y por orden de importancia que es lo que desea obtener de un cable de potencia, ya que no existe un diseño que sea capaz de operar de forma óptima en todas las aplicaciones. La lista de prioridades sirve de base para seleccionar el tipo de cable de potencia más adecuado.

Resultaría muy arriesgado recomendar un determinado cable de potencia para tal o cual aplicación particular, sin efectuar además un análisis detallado de las variables principales que intervienen en la selección de los elementos del mismo. Este análisis hace posible definir características importantes del cable de potencia como son: sección del conductor, espesor del aislamiento, dimensiones de la pantalla, etc.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

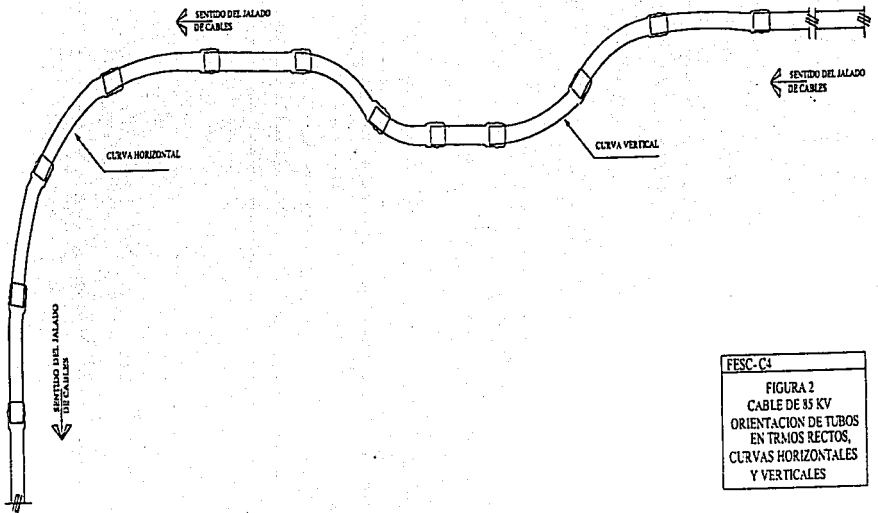
APENDICE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

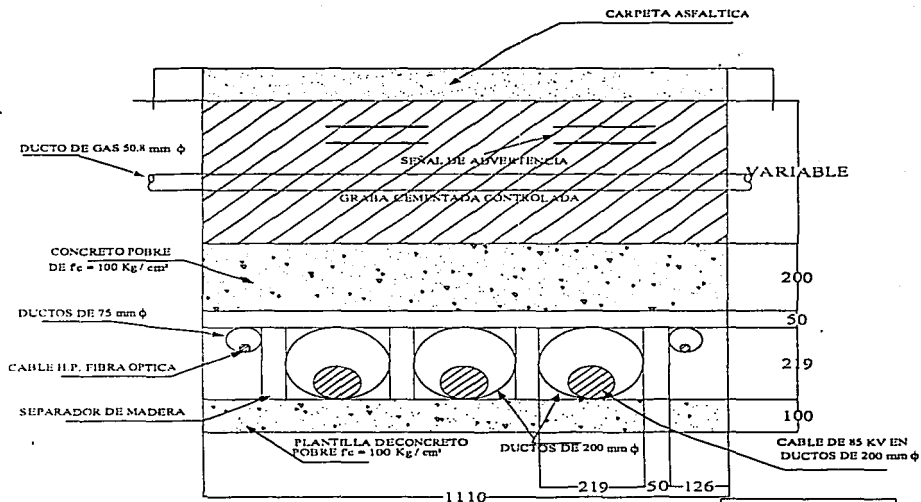


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| |
|---|
| UNAM - FESCC-4 |
| ALIMENTACION A 85 KV DE S.E. PATERA A S.E. NACEL |
| FIG. 1 VISTA DE PLANTA DE SEPARADORES DE MADERA DENTRO DE TRINCHERA |
| AC01. mm. |

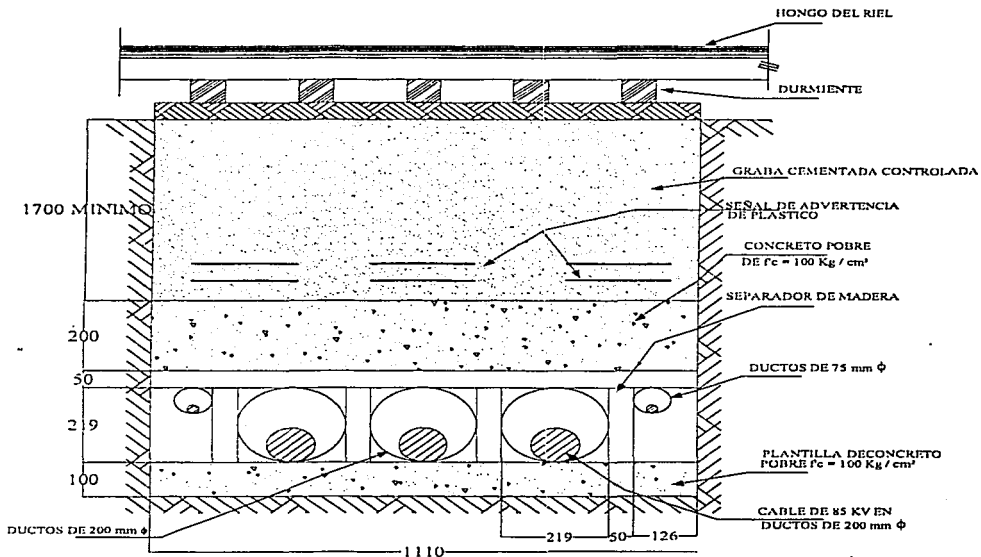


FESC-C4
FIGURA 2
CABLE DE 45 KV
ORIENTACION DE TUBOS
EN TRAMOS RECTOS,
CURVAS HORIZONTALES
Y VERTICALES



FISC. C3
 FIGURA 3
 PROPUESTA PARA
 CRUZAR CALZADA
 VALLEJO Y DUCTOS DE
 GAS CABLE DE 85 KV
 PATERA NACEL
 ACOT. mm

TESIS CON
 PATENTE ORIGINAL



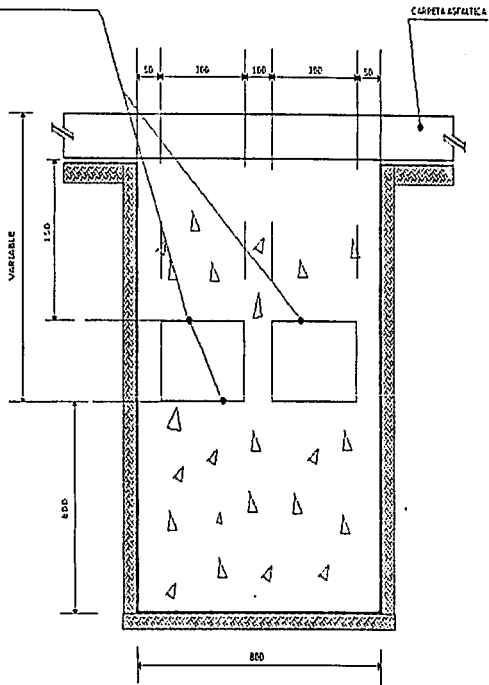
FFSC-C4

FIGURA 4
 PROPUESTA PARA
 CRUZAR VIAS
 DE FF.CC.
 ACOT. mm

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

SEÑALES DE ALIMENTACION DE FISICULA PLANA DE
 POLIETILENO, CALIBRE 1000, PINTADAS EN COLOR
 AMARILLO CON IMPRESION EN NEGRO DE 100 mm DE
 ANCHO

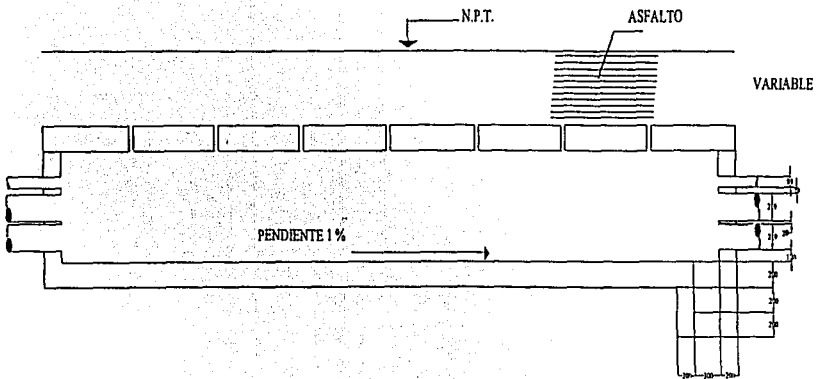
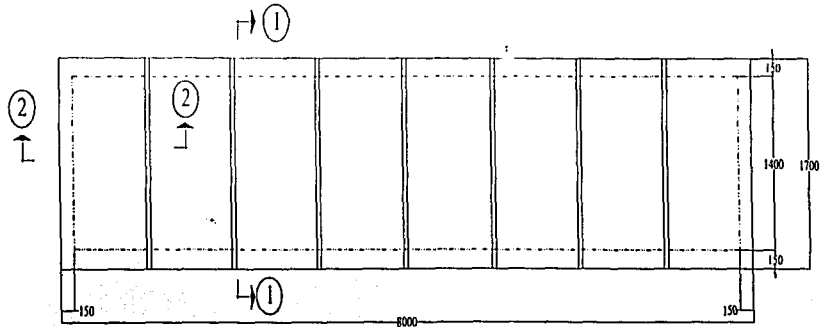


UNAM - FESOC 4

ALIMENTACION A 85 IV DE
SE. PATEPA A S E. HAZEL

FIGURA 5
LOCALIZACION DE LAS SEÑALES DE
ALIMENTACION DENTRO DE LA
TRINCHERA DE TENECO

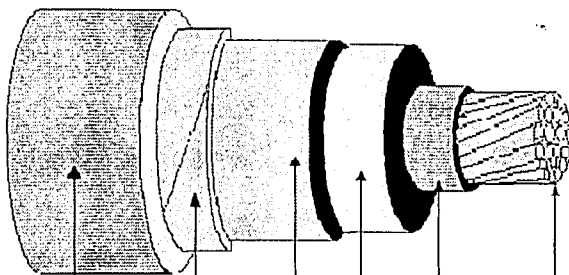
ACOT mm



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| |
|--|
| FESC- C4 |
| ALIMENTACION A 85 KV |
| SUBESTACION NACL |
| FIGURA 6 - POZO DE EMPALME DE CONCRETO ARMADO PARA UN SOLO CIRCUITO |
| ACOT. mm |

DIMENSIONES DE CABLE VULCANEL XLP + Pb + Pe 115 KV 400 mm² CU



DIAMETRO CUBIERTA POLIETILENO = 85.242 mm

DIAMETRO PLOMO = 79.603 mm

DIAMETRO SEMICONDUCTOR EXT. = 72.671 mm

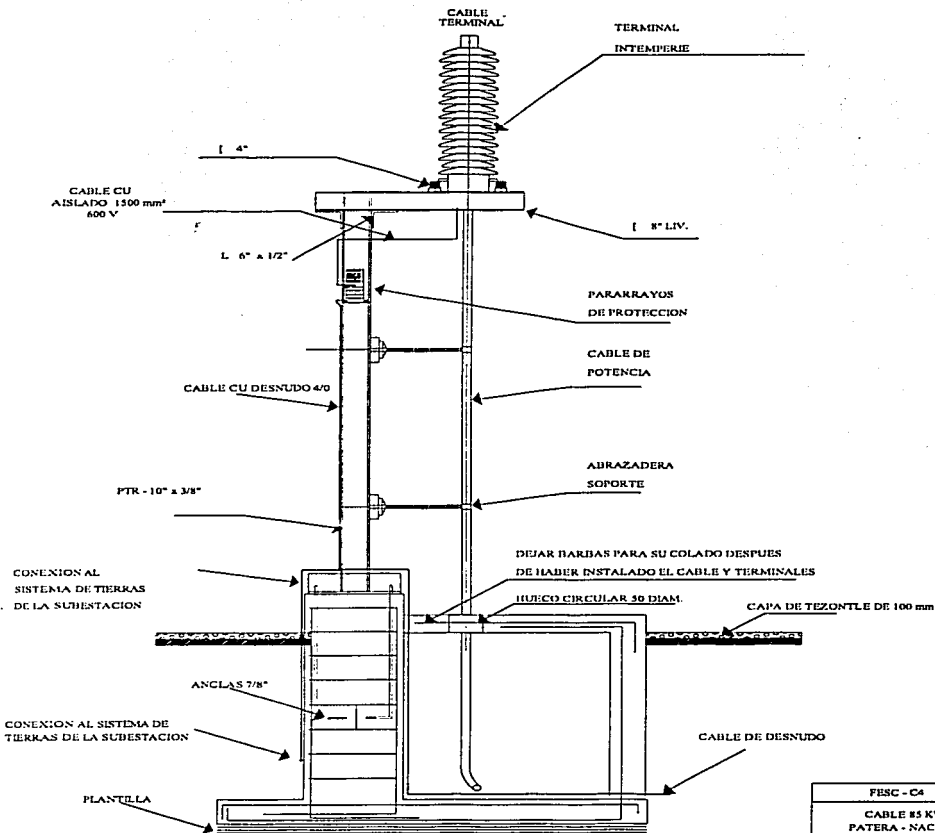
DIAMETRO AISLAMIENTO = 68.503 mm

DIAMETRO SEMICONDUCTOR INT. = 25.933 mm

DIAMETRO CONDUCTOR = 23.977 mm

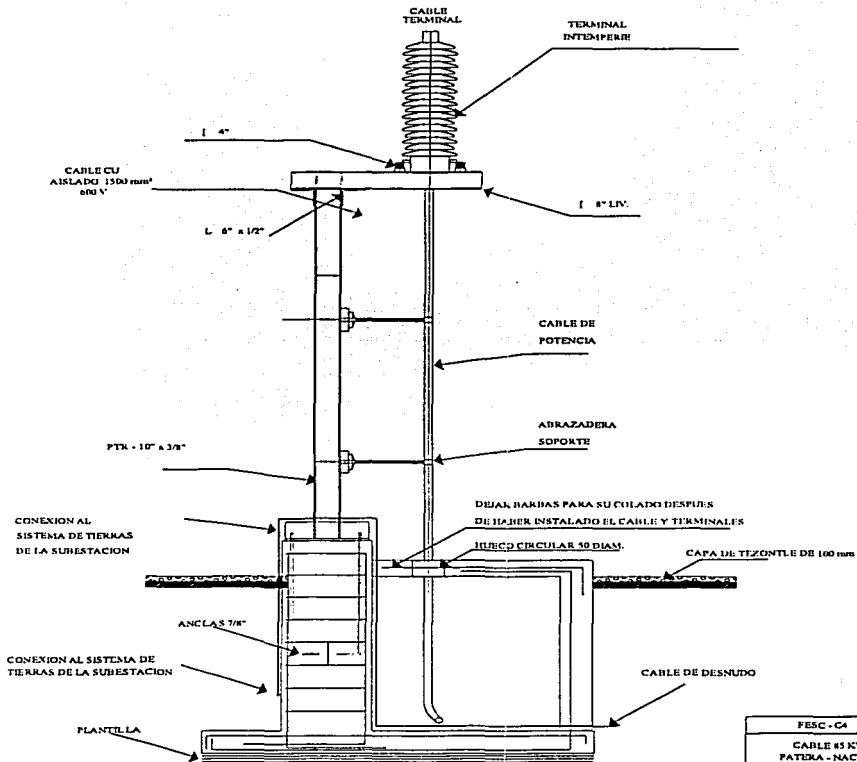
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

| |
|----------------------------------|
| UNAM - FESC C 4 |
| ALIMENTACION A 85 KV DE |
| S.E. PATERA A S.E. HACEL |
| DIMENSIONES DEL CABLE |
| VULCANEL XLP 400 mm ² |



| |
|--------------------------|
| FESC - C4 |
| CABLE 85 KV |
| PATERA - NACEL |
| LLEGADA A LA S.E. PATERA |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



| |
|-------------------------|
| FESC - C4 |
| CABLE 65 KV |
| PATERA - NACEL |
| LLEGADA A LA S.E. NACEL |

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

PRUEBAS DE POTENCIA APLICADO A LA PANTALLA I E PLOMO DEL CABLE DE 85 KV
CIRCUITO. PATERA - NACEL

CARACTERISTICAS DEL CABLE

MARCA: CONDUMEX CABLE MONOPOLAR CON CONDUCTOR DE COBRE, SECCION 400 mm²
AISLAMIENTO SINTETICO EXTRUIDO XLP, PANTALLA METALICA DE PLOMO, ACB, CU 115 KV, 2002.

TENSION APLICADA 10 (KV CD)

CORRIENTE DE FUGA (μA)

| T (min) | POZO 1 - S.E. PATERA T= 18° HR = 47 % | | | POZO 2 - POZO 1 T= 26° HR = 54 % | | | POZO 2 - POZO 3 T= 26° HR = 54 % | | |
|------------|--|-----|-----|-------------------------------------|-----|-----|-------------------------------------|-----|-----|
| | φ A | φ B | φ C | φ A | φ B | φ C | φ A | φ B | φ C |
| 1 | 5.5 | 3.5 | 3.5 | 1.5 | 1.7 | 2.6 | 3.8 | 4.5 | 2.9 |
| 2 | 3.5 | 3.0 | 3.0 | 1.3 | 1.7 | 2.4 | 3.3 | 3.9 | 2.7 |
| 3 | 3.0 | 2.7 | 2.8 | 1.2 | 1.6 | 2.2 | 3.2 | 3.6 | 2.5 |
| 4 | 2.8 | 2.5 | 2.5 | 1.1 | 1.4 | 1.9 | 2.6 | 3.3 | 2.3 |
| 5 | 2.8 | 2.5 | 2.5 | 1.1 | 1.3 | 1.8 | 2.0 | 3.0 | 1.9 |
| 6 | 2.5 | 2.0 | 2.3 | 0.9 | 1.3 | 1.7 | 2.0 | 3.8 | 1.8 |
| 7 | 1.8 | 1.8 | 2.0 | 0.9 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 3.5 | 1.6 |
| 8 | 1.8 | 1.5 | 2.0 | 0.9 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 2.1 | 1.6 |
| 9 | 1.4 | 1.3 | 1.7 | 0.85 | 1.3 | 1.5 | 1.8 | 1.8 | 1.4 |
| 10 | 1.0 | 1.0 | 1.4 | 0.85 | 1.3 | 1.4 | 1.7 | 1.6 | 1.4 |
| 11 | 0.9 | 0.8 | 1.3 | 0.85 | 1.3 | 1.3 | 1.7 | 1.6 | 1.3 |
| 12 | 0.9 | 0.5 | 1.0 | 0.85 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.3 |
| 13 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 0.75 | 1.3 | 1.2 | 1.5 | 1.4 | 1.2 |
| 14 | 0.5 | 0.3 | 0.5 | 0.75 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.2 |
| 15 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.75 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 |

FECHA DE
PRUEBA

21-Nov-02

20-Sep-02

20-Sep-02

DIAGNOSTICO: SATISFACTORIO

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS: TRANSFORMADOR; HYPOT PORTABLE CONTROLADOR

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

PRUEBAS DE POTENCIA APLICADO A LA PANTALLA DE PLOMO DEL CABLE DE 85 KV
CIRCUITO. PATERA - NACEL

CARACTERISTICAS DEL CABLE

MARCA: CONDUMEX CABLE MONOPOLAR CON CONDUCTOR DE COBRE, SECCION 400 mm²
AISLAMIENTO SINTETICO EXTRUIDO XLP, PANTALLA METALICA DE PLOMO, ACB, CU 115 KV, 2002.

TENSION APLICADA 10 (KV CD)

CORRIENTE DE FUGA (μA)

| T (min) | POZO 3 - POZO 4 T= 25° HR = 51 % | | | POZO 4 - S.E. NACEL T= 15° HR = 72 % | | | | | |
|------------|-------------------------------------|-----|-----|---|-----|------|----|----|----|
| | φ A | φ B | φ C | φ A | φ B | φ C | | | |
| 1 | 4.0 | 5.0 | 9.0 | 3.4 | 6.5 | 11.0 | -- | -- | -- |
| 2 | 4.0 | 4.0 | 5.0 | 3.0 | 5.2 | 6.0 | -- | -- | -- |
| 3 | 4.0 | 2.0 | 5.0 | 2.8 | 3.5 | 4.0 | -- | -- | -- |
| 4 | 4.0 | 2.0 | 4.0 | 2.5 | 2.8 | 3.5 | -- | -- | -- |
| 5 | 4.0 | 2.0 | 4.0 | 2.3 | 2.0 | 2.0 | -- | -- | -- |
| 6 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | -- | -- | -- |
| 7 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.8 | 1.5 | 1.5 | -- | -- | -- |
| 8 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.5 | 1.2 | 1.4 | -- | -- | -- |
| 9 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.30 | 0.9 | 1.4 | -- | -- | -- |
| 10 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 1.10 | 0.7 | 1.3 | -- | -- | -- |
| 11 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 0.90 | 0.6 | 1.2 | -- | -- | -- |
| 12 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 0.70 | 0.4 | 0.9 | -- | -- | -- |
| 13 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 0.70 | 0.4 | 0.8 | -- | -- | -- |
| 14 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 0.50 | 0.3 | 0.4 | -- | -- | -- |
| 15 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 0.40 | 0.2 | 0.4 | -- | -- | -- |

FECHA DE PRUEBA

08-Oct-02

06-Nov-02

DIAGNOSTICO: SATISFACTORIO

EQUIPO UTILIZADO EN LAS PRUEBAS: TRANSFORMADOR; HYPOT PORTABLE CONTROLADOR

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Standard Handbook for Electrical Engineers - Fink and Carrol - McGraw Hill.
- 2.- Elements of Power System Analysis - W.D. Stevenson - McGraw Hill.
- 3.- Características Eléctricas y Térmicas de los Cables de Energía
Ing. Francisco Hawley- Condumex, S.A.
- 4.- Capacidad de Conducción de Corrientes de Cables Aislados
Ing. Francisco Hawley - Condumex, S.A.
- 5.- Underground Transmisión Cable Systems Present and Future - David A. Silver, Anthony Ernst - PIRELLI Cable Corporation.
- 6.- Manual de Procedimientos Constructivos para Tendido de Tubería de Policloruro de Vinilo - Ing. Gabriel Rosales Sánchez - Luz y Fuerza del Centro.
- 7.- Manual de Procedimientos para Tendido de Cable de Potencia
Ing. Gabriel Rosales Sánchez - Luz y Fuerza del Centro.
- 8.- Teoría de la Transmisión de la Luz por Fibra Óptica - Cables PIRELLI S.A.
- 9.- Fabricación de Fibra Óptica y del Núcleo Óptico - Cables PIRELLI S.A.
- 10.- Especificaciones para Cables de Potencia con Aislamiento Sintético Extruido para 85 kv (LFC - ING - 087) - Luz y Fuerza del Centro.
- 11.- Especificación de Diferentes Tipos de Cable con Fibras Ópticas (LFC - ING - 004) - Luz y Fuerza del Centro.
- 12.- Instrucciones de Montaje de Empalmes Premoldeados con Conexión a Tierra para Cables con Aislamiento Sintético Extruido a 85 KV - Ing. Miguel Rouard- Cables PIRELLI SA, Dirección de Investigación y Desarrollo.
- 13.- Cables de Energía - Conductores Latincasa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN