



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL BANCO DE DUCTOS Y
ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DEL TRAMO SUPERFICIAL DE LA LINEA
2 DEL METRO”**

TESIS PROFESIONAL,
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
DÍAZ OLIVA SALVADOR

DIRECTOR DE TESIS:
ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO

CIUDAD UNIVERSITARIA OCTUBRE DE 2011.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/082/07

Señor
SALVADOR DÍAZ OLIVA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL BANCO DE DUCTOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DEL TRAMO SUPERFICIAL DE LA LÍNEA 2 DEL METRO"

- INTRODUCCIÓN
- I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- II. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- III. PROGRAMA DE OBRA
- IV. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 9 de agosto del 2007.
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA

JGGZ/RSU*crc.

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres y esposa:

Gracias por todo el apoyo recibido a lo largo de mi carrera, sin ustedes esto no hubiera sido posible. Lo logramos!

Papá y mamá gracias por todo su esfuerzo y dedicación a que yo fuera un buen estudiante y una persona de bien, les agradezco todos sus consejos y su apoyo incondicional en cada momento de mi vida; gracias por enseñarme que el desarrollo de una persona tiene que ser de manera integral, gracias a ustedes soy la persona y el profesionista que soy.

Mi amor, gracias por comprenderme y estar conmigo en los momentos difíciles y hermosos de la vida, gracias por nuestros hermosos hijos sin los cuales nada tendría sentido.

A mi escuela y profesores:

La UNAM es la máxima casa de estudios, en la cual toda persona que tenga ganas de estudiar y ser alguien en la vida lo puede lograr, gracias mi amada escuela.

A mis profesores solo me queda agradecerles por todo su esfuerzo y ganas de enseñar e instruir personas de bien y profesionistas que sepan responder por México, en especial quiero agradecer a mi director de tesis Ing. Carlos Manuel Chavarri Maldonado y a todos los maestros que a lo largo de mi carrera estuvieron conmigo.

ÍNDICE

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL BANCO DE DUCTOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DEL TRAMO SUPERFICIAL DE LA LINEA 2 DEL METRO.

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Historia del metro de la ciudad de México..... 07

I.2 Línea 2 Cuatro Caminos – Tasqueña..... 17

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II.1 Problemática del tramo superficial..... 19

III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

III.1 Excavación..... 24

III.2 Colocación de prefabricados..... 32

III.3 Instalación de cables en interior de ductos..... 38

IV. PROGRAMA DE OBRA

IV.1 Ruta crítica..... 54

V. CONCLUSIONES.....56

BIBLIOGRAFÍA.....57

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería civil es una carrera la cual envuelve una gran gama de conocimientos, los cuales van desde los más simples hasta los más complejos; por lo general las obras de Ingeniería Civil forzosamente tienen que ser complementadas con otras ramas de la Ingeniería, así como de las ciencias sociales y humanas. Un claro ejemplo de esto es la presente tesis, la cual describe e ilustra los diversos procedimientos constructivos para realizar un banco de ductos, el cual contendrá cables que alimentan los diversos sistemas que hacen funcionar al Sistema de Transporte Colectivo (metro).

I.1 OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo el describir e ilustrar el procedimiento constructivo para el banco de ductos y elementos complementarios de la línea 2 del metro. En el primer capítulo se describirá la historia del metro en la Ciudad de México, y particularmente de la línea 2 del metro.

I.2 DESCRIPCIÓN DE LOS CAPITULOS

En el capítulo II se describirá el problema del tramo superficial de la línea 2 del metro, en el cual se desarrolla el procedimiento constructivo para el banco de ductos y elementos complementarios. En el capítulo III se describirá el procedimiento constructivo para el banco de ductos y elementos complementarios.

En el capítulo IV se emitirán las conclusiones del presente trabajo.

I.3 HISTORIA DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

El metro de la Ciudad de México surgió como una idea en los 50's, al observar que el sistema de autobuses públicos no abastecía la demanda de la creciente población de la Ciudad. El metro es un medio masivo de transporte el cual no contamina, es rápido y seguro.

La construcción del metro de la Ciudad de México represento un gran reto para los ingenieros mexicanos, ya que el suelo de la Ciudad de México es lacustre, y es una zona de alto riesgo sísmico.

La construcción del metro de la Ciudad de México consta de 7 Etapas hasta el momento, las cuales son:

Primera etapa. Del 19 de junio de 1967 al 10 de junio de 1972

La construcción de la primera línea del metro inicio el 19 de junio de 1967 bajo la dirección del arquitecto Ángel Borja y un gran equipo de trabajo multidisciplinario.

El trazo definitivo de cada línea se obtiene tomando en cuenta: el subsuelo, las instalaciones subterráneas de servicios públicos de la zona, los monumentos históricos cercanos, los restos arqueológicos ocultos, las características demográficas de los puntos que enlazan, entre otras.

Durante el estudio de los pros y los contras de la red del Metro, se habían identificado ciertas características que debían evitarse a toda costa, siendo las más importantes la humedad, consecuencia de las filtraciones del agua freática, la sensación de claustrofobia de un espacio cerrado bajo tierra, la falta de iluminación, la falta de ventilación adecuada y el uso de materiales de difícil mantenimiento.

La primera etapa consta de tres líneas: la 1 que corre de poniente a oriente, desde Zaragoza hasta Chapultepec; la 2 de Tacuba a Tasqueña y la 3 de Tlatelolco al Hospital General. La longitud total de esta primera red fue de 42.4 kilómetros, con 48 estaciones para el ascenso, descenso y transbordo de los usuarios. El ritmo de construcción fue de un kilómetro de metro por mes.



Figura I.1 Inicio de la construcción de las primeras líneas del metro.

Segunda etapa. Del 7 de septiembre 1977 a finales de 1982

La segunda etapa se inicia con la creación de la Comisión Técnica Ejecutiva del Metro, el 7 de septiembre de 1977, para hacerse cargo de la construcción de las ampliaciones de la red. Posteriormente, el 15 de enero de 1978, se crea la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del Distrito Federal, organismo responsable de proyectar, programar, construir, controlar y supervisar las obras de ampliación, adquirir los equipos requeridos, y hacer entrega de instalaciones y equipos al Sistema de Transporte Colectivo para su operación y mantenimiento.

Se pueden identificar dos fases en esta segunda etapa. La primera corresponde a las prolongaciones de la línea 3: hacia el norte, de Tlatelolco a la Raza, y hacia el sur, de Hospital General a Zapata. Durante la segunda fase, Covitur preparó un Plan Rector de Vialidad y Transporte del Distrito Federal, y más adelante, en 1980, el primer Plan Maestro del Metro. Como arranque de esta segunda fase, se inició la construcción de las líneas 4 y 5.

Las obras estuvieron a cargo de la empresa Ingeniería de Sistemas de Transporte Metropolitano, S.A. del consorcio ICA.

Con la conclusión de la segunda etapa, a fines de 1982, la red del Metro alcanzó una longitud de 79.5 kilómetros (casi el doble de lo construido en la primera etapa) el número de estaciones aumentó a 80.



Figura I.2 Línea 4 construida en la segunda etapa de construcción del metro.

Tercera etapa. De principios de 1983 a finales de 1985

Consta de ampliaciones a las líneas 1,2 y 3 se inician dos líneas nuevas, la 6 y la 7. La longitud de la red se incrementa en 35.2 kilómetros y el número de estaciones aumenta a 105.

La línea 3 se prolonga de Zapata a Universidad, tramo que se inauguró el 30 de agosto de 1983; la línea 1, de Zaragoza a Pantitlán, y la línea 2 de Tacuba a Cuatro Caminos, en el límite con el Estado de México; estas últimas dos extensiones fueron inauguradas el 22 de agosto de 1984. Con estas ampliaciones, las líneas 1, 2 y 3 alcanzan su trazo actual.

A la línea 6 se le dio una solución combinada: tipo cajón y superficial. La primera parte de El Rosario a Instituto del Petróleo se concluyó el 21 de diciembre de 1983. Consta de 9.3 kilómetros de longitud y siete estaciones, dos de ellas de correspondencia: El Rosario, con la línea 7, e Instituto del Petróleo, con la línea 5.

La línea 7 corre al pie de las estribaciones de la Sierra de las Cruces, que rodea el Valle de México por el poniente; el trazo queda fuera de la zona lacustre y los puntos que comunica están a mayor altitud que los hasta entonces enlazados por la red. Por esto, la solución que se utilizó para su construcción fue de tipo túnel profundo. Se entregó en tres tramos: Tacuba-Auditorio, el 20 de diciembre de 1984; Auditorio-Tacubaya, el 23 de agosto de 1985; y Tacubaya-Barranca del Muerto, el 19 de diciembre de 1985. Su conclusión significó un incremento a la red de 13.1 kilómetros y diez estaciones.



Figura I.3 construcción tipo túnel

Cuarta etapa. De 1985 a 1987

Esta etapa se compone de las ampliaciones de las líneas 6 (de Instituto del Petróleo a Martín Carrera) y 7 (de Tacuba a El Rosario), y el inicio de una nueva línea, la 9 de Pantitlán a Tacubaya, por una ruta al sur de la que sigue la línea 1.

La ampliación de la línea 6 se inauguró el 8 de julio de 1988; agregó 4.7 kilómetros y cuatro estaciones a la red, la ampliación de la línea 7 se terminó el 29 de noviembre de 1988 e incrementó la red con 5.7 kilómetros y cuatro estaciones más.

La línea 9 se edificó en dos fases: la primera, de Pantitlán a Centro Médico, concluida el 26 de agosto de 1987, y la segunda, de Centro Médico a Tacubaya, inaugurada un año más tarde. La nueva línea incorporó a la red 12 estaciones y 15.3 kilómetros; tiene un trazo paralelo a la línea 1, con el propósito de descongestionarla, en las horas punta. En la construcción de la línea 9 se utilizó el túnel circular profundo y el túnel tipo cajón, en 9.5 kilómetros de longitud partiendo desde Tacubaya, y de Viaducto elevado en el tramo restante. De las 12 estaciones, cinco son de correspondencia: Tacubaya, con las líneas 1 y 7; Pantitlán, con las líneas 1, 5 y A; Centro Médico, con la línea 3; Chabacano, con las líneas 2 y 8 y Jamaica, con la Línea 4.

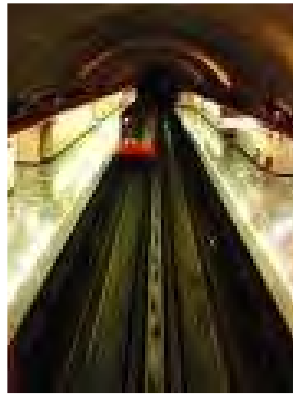


Figura I.4 Línea 7

Quinta etapa. Inició en 1988 y se terminó en 1994

La primera extensión de la red del Metro al Estado de México se inició con la construcción de la línea A, de Pantitlán a La Paz, se optó para esta línea por una solución de superficie y trenes de ruedas férreas en lugar de neumáticos, ya que se reducían los costos de construcción y mantenimiento.

Se edificó un puesto de control y talleres exclusivos para la línea A. Esta línea se inauguró el 12 de agosto de 1991, agregó diez estaciones y 17 kilómetros de longitud a la red. La estación Pantitlán la pone en correspondencia con las líneas 1, 5 y 9.

El trazo original de la línea 8 fue también modificado, ya que se consideró que su cruce por el Centro Histórico de la ciudad y la correspondencia con la estación Zócalo pondrían en peligro la estabilidad de las estructuras.

El tramo inicial de la línea 8, de Constitución de 1917 a Garibaldi, se inauguró el 20 de julio de 1994.

Al finalizar la quinta etapa de construcción del Metro, se había incrementado la longitud de la red en 37.1 kilómetros, añadiendo dos nuevas líneas y 29 estaciones. Es decir, al finalizar 1994, la red del Metro contaba ya con 178.1 kilómetros de longitud, 154 estaciones y diez líneas.



Figura I.5 Línea A primera línea que une la Ciudad con el Estado de México.

Sexta etapa. Inicio en 1994 y se terminó en el año 2000

La línea B, de Buenavista a Ciudad Azteca tiene 23.7 kilómetros de longitud, con 13.5 kilómetros en el Distrito Federal, cruzando por las delegaciones Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero y 10.2 kilómetros en el territorio del estado de México, en los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec; con 21 estaciones: 13 en la capital y ocho en el estado de México.

La línea B en su totalidad está proyectada para movilizar diariamente a 600 mil usuarios en su conjunto. Al 15 de octubre de 1999 se había alcanzado un avance del 77.6%; se continuaron las obras en los 10.2 kilómetros del tramo ubicado en el Estado de México, para terminarla y ponerla en operación en toda su longitud durante el segundo semestre del año 2000.

Al entrar en operación la línea B, la red en su conjunto se incrementó 13% para alcanzar 201.7 kilómetros.



Figura I.6 Línea B segunda línea que une la Ciudad con el Estado de México.

Séptima etapa. Inicio en 2009

Con una inversión de casi 20 mil millones de pesos dan inicio los trabajos para la construcción de la Línea 12 del Metro que correrá de Mixcoac a Tláhuac, considerada como la obra más importante de la Ciudad de México y del país en los últimos años.

Con la construcción de la Línea Dorada, Línea del Bicentenario, se beneficiará a más de 400 mil personas de las delegaciones Tláhuac, Iztapalapa, Coyoacán, Benito Juárez, Álvaro Obregón y Xochimilco, se acortarán los viajes de dos horas a sólo 45 minutos, asimismo se generarán más de 25 mil empleos directos y 60 mil indirectos.

En sus instalaciones se brindará especial atención a los ciudadanos de la tercera edad, personas con discapacidad y menores de cinco años, con transportación gratuita.

Otro punto importante es la reducción de transportes contaminantes, pues dejarán de emitirse 400 mil toneladas de dióxido de carbono al año.

La construcción de la Línea tendrá dos etapas, la primera será inaugurada en el 2011, que irá de Tlahuác a Atlalilco; y la segunda que termina en Mixcoac, estará dando servicio en el 2012.

Características de la línea 12.

- 24.5 Kilómetros de Línea.
- 20 Estaciones .
- 28 Trenes (al inicio de la operación intervalo de 3.9 minutos).
- 35 Trenes (intervalo mínimo de 2.5 minutos en horas pico).
- Mínima distancia en transbordos.
- Alternativas de integración comercio formal e informal en terminales, estaciones y aledaños.
- Posibilidad de desarrollo inmobiliario en terminales y estaciones.
- Preparaciones para continuidad de la Red.
- Reordenamiento del transporte en el corredor y puntos de transferencia.
- Infraestructura planeada considerando necesidades de operación y mantenimiento de la Línea.
- Programa de desvíos de tránsito por la construcción de obras.
- Áreas de estacionamiento para bicicletas en terminal Tláhuac y estaciones.
- Diseño de ciclovías a lo largo de la ruta.

El Sistema de Transporte Colectivo tiene un parque vehicular de 348 trenes, de los cuales 315 son neumáticos y 33 férreos.

Material rodante que en su tipo, en nuestro país se ha caracterizado por estar a la vanguardia tecnológica de su tiempo, cuya fabricación tiene patente de origen mexicano, francés, canadiense y español.

Las constructoras Concaril, Bombardier, Alstom y CAF son firmas reconocidas y que destacan por su experiencia, innovación tecnológica, medidas de seguridad, capacidad, comodidad y confiabilidad.

Los carros neumáticos se caracterizan principalmente por tener la rodadura de hule, que al circular los hace silenciosos, y adquirir la fuente de energía a nivel de piso a través de la barra guía; en tanto que los carros férreos, cuentan con una rodadura de acero como los trenes de ferrocarril y cuyo abastecimiento de corriente eléctrica la obtienen por las "Catenarias", es decir, por medio de dos antenas colocadas en la parte superior de los trenes que durante su recorrido se sujetan de cables de alta tensión.

LÍNEAS	ESTACIONES
Total de líneas en la Red: 12 Líneas férreas: 2 (Línea A y 12) Líneas neumáticas: 10 (Líneas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y B) Primer línea construida: Línea 1 Última línea construida: Línea B Línea en construcción: Línea 12	Total de estaciones en la Red: 195 Estaciones de correspondencia: 45 Estaciones terminales con correspondencia: 12 Estaciones terminales: 24 Estaciones de paso: 128 Estaciones subterráneas: 115 Estaciones superficiales: 55 Estaciones elevadas: 25

Tabla I.1 Resumen de líneas y estaciones del metro de la Ciudad de México.

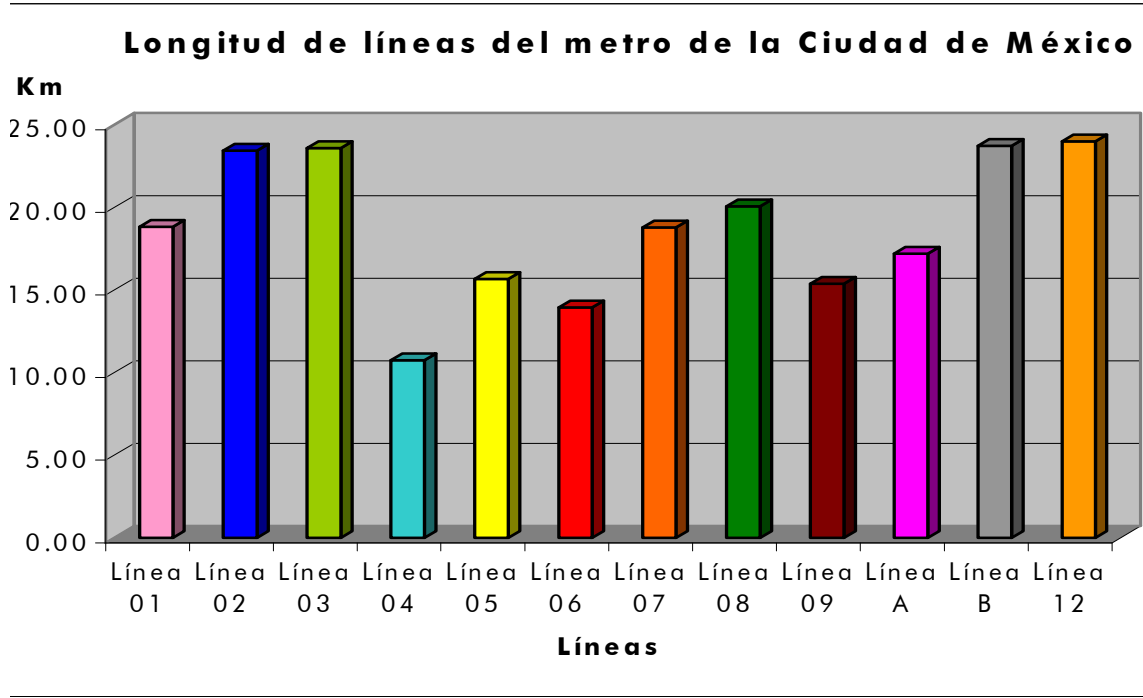


Tabla I.2 Longitudes de las líneas del metro de la Ciudad de México.

I.2 Línea 2 Cuatro Caminos – Tasqueña



Línea 2 tiene una longitud de 23 Km. 431 m (en servicio 20 Km. 713 m y el resto se usa para maniobras). Se integra por 24 estaciones, 5 de ellas de correspondencia, 17 de paso y dos terminales; del total, 14 estaciones son subterráneas y 10 superficiales.

El primero de agosto de 1970 se inauguraron 11 estaciones de Pino Suárez a Tasqueña, con una longitud de 11.32 kilómetros, el 14 de septiembre de 1970 se inauguraron 11 estaciones con una longitud de 8.10 kilómetros de Tacuba a Pino Suárez, y el 22 de agosto de 1984 se inauguraron las últimas 2 estaciones de esta línea de con una longitud de 4.00 kilómetros de Cuatro Caminos a Tacuba.

El tramo de San Antonio Abad a Tasqueña conocido como el tramo superficial de esta línea del metro por su tipo de construcción, será el analizado en este trabajo.

CAPITULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto esta basado en la excavación sobre el área del andador central de las interestaciones del tramo superficial de la línea 2 del metro, en esta zanja formada por la excavación se situaran las canalizaciones, dentro de estas canalizaciones se colocaran ductos de PVC grado eléctrico para cable de 23 kv, que se situaran al centro de la sección tipo cajón, en estos ductos se instalaran los cables de 23 kv.

Las canalizaciones son estructuras de concreto prefabricadas que forman una sección transversal tipo “cajón”, en cuyo interior se instalarán ductos de PVC de grado eléctrico, embebidos en arena. En el interior de los ductos se colocarán los cables de 23 kv que alimentaran a las subestaciones de rectificación y las subestaciones de alumbrado y fuerza de la línea 2 del STC. El número de ductos que se colocarán en el interior de las canalizaciones (banco de ductos) será en función del número de circuitos necesarios, considerando que en cada ducto se colocará un cable y deberán existir ductos de reserva.

Las canalizaciones de concreto estarán constituidas por tres elementos, dos secciones tipo “L” que conformaran el cuerpo de la canalización y una tapa. Todos los elementos serán prefabricados de concreto reforzado, por lo que llegaran al sitio de obra para su inmediata instalación y utilización.

Para la colocación de las canalizaciones se realizaran excavaciones de profundidad variable. En general la excavación donde se alojara la canalización se realizara en dos fases. En la primera fase se realizará una excavación superficial, requerida para recuperar la arena térmica existente, y la segunda fase de excavación se llevará hasta alcanzar el nivel máximo de excavación; posteriormente a las excavaciones se colocara una cama de arena de 5cm. Como base para la colocación de las canalizaciones.

Para garantizar la estabilidad de la estructura de vías (por el que circula el material rodante), el proceso constructivo será continuo, sin interrupciones, particularmente en etapas, excavación superficial, excavación complementaria, colocación de cama de arena y colocación de prefabricados. Por lo que previo al inicio de los trabajos de excavación complementaria, la empresa constructora (contratista) deberá contar con el número suficiente de elementos prefabricados que conformaran la canalización para atender las necesidades de los frentes de trabajo.

Debido a que en el límite lateral de la zona donde se instalarán las conducciones y los ductos para cables se ubican soportes, charolas y diversos tipos de cables (comunicación, de corriente eléctrica, etcétera), que dificultan los trabajos de excavación, será necesario coordinar estos trabajos con las áreas responsables del STC.

II.1 Problemática del tramo superficial

Debido a que los cables de 23kv que alimentan a las subestaciones de rectificación y las subestaciones de alumbrado y fuerza de la línea 2 del STC del tramo superficial, se ubican en el interior de charolas de aluminio de 15 cm. de ancho, las cuales se sitúan sobre postes metálicos en la malla ciclónica del tramo superficial; dichos cables han estado expuestos a las condiciones climáticas prevaecientes, como resultado de esta exposición a la intemperie dichos cables sufren de contracciones y expansiones, las cuales aunadas al deterioro y la resequedad de los mismos cables han provocado un sin fin de fallas en este sistema de cableado de alimentación de subestaciones de rectificación y subestaciones de alumbrado y fuerza.



Figura II.1 Charolas de 15cm de ancho que contienen cables de 23 kv expuestos a la intemperie.

Dichas fallas en este sistema de cableado, provoca una gran perdida de dinero al Sistema de Transporte Colectivo Metro, así como retrasos en la marcha normal de los trenes y malestar a los usuarios en general.

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

III. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Colganteo

Este proceso inicia con el colganteo de los cables de 23 kv ubicados en los niveles inferiores de charola de aluminio de 15 cm. ubicadas a los lados del andador central, dichos cables alimentan las subestaciones de alumbrado de la Línea 2 del Metro; este proceso consiste en agrupar en un trébol con cinchos plásticos los tres cables que contiene la charola, posteriormente colocarlos sobre un ducto de PVC de 3" cortado a la mitad longitudinalmente, por medio de un fleje de plástico fijar el ducto que contiene a los cables a los niveles superiores de charola existentes.

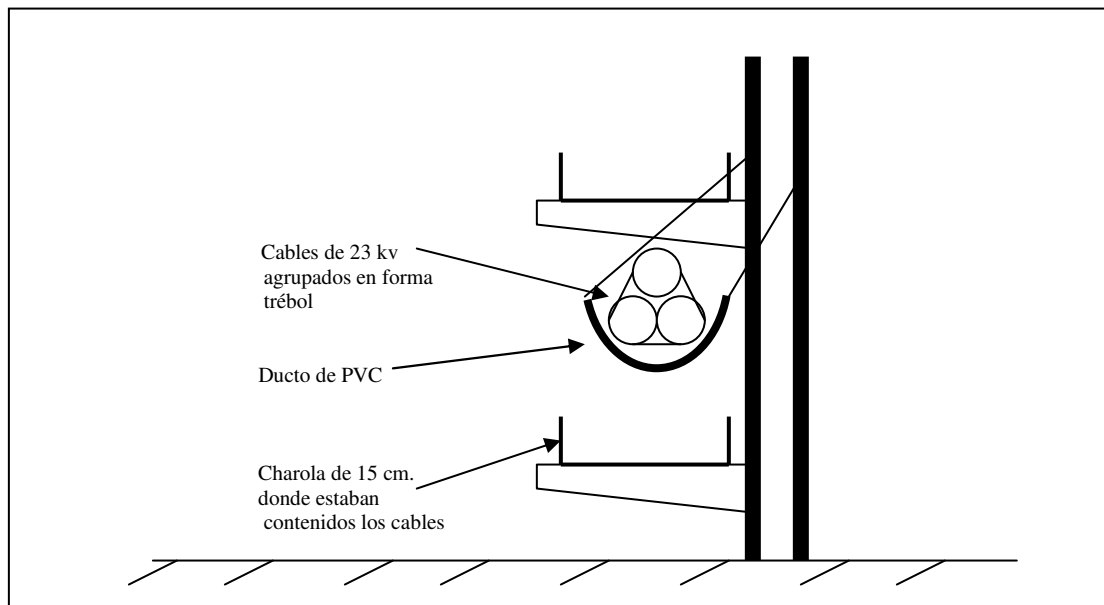


Figura III.1 Colganteo de cables de 23 kv ubicados sobre charolas de aluminio de 15 cm. en los lados del andador central.

El fin de este colganteo es proteger los cables existentes del proceso constructivo del banco de ductos, ya que estos cables se encuentran en funcionamiento.



Figura III.2 Colganteo de cables de 23 kv.

El siguiente trabajo a realizar es el de retiro de losas de concreto reforzado ubicadas en el andador central, para ello se coordinaron cuadrillas de trabajo conformadas con un oficial y 4 ayudantes; auxiliados por una grúa de 10 toneladas.



Figura III.3 Estado original de las losetas de concreto reforzado sobre el andador central.

Figura III.4 Estiba de placas de concreto reforzado en lorry para su retiro.

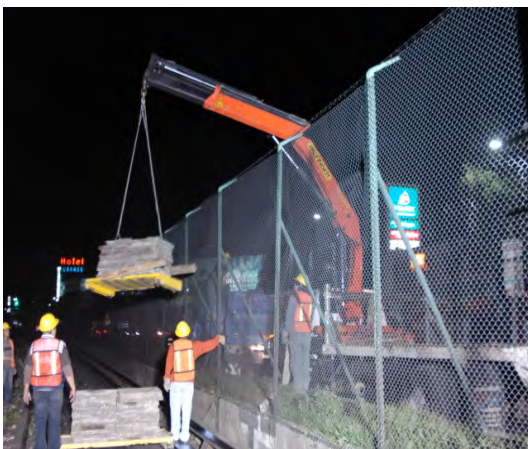


Figura III.5 Retiro de placas de concreto reforzado con grúa de 10 ton.

Retiro de cable tripolar

Anteriormente (hace 15 años) el tramo superficial de la línea 2 del metro abastecía a sus sistemas de alumbrado y fuerza y tracción, por medio de cables tripolares embebidos en arena térmica existente en el andador central con un espesor de 0.50 metros, dichos cables quedaron en la arena térmica al momento de quedar fuera de servicio. El retiro del cable tripolar fuera de servicio se realiza descubriendo una punta del cable enterrado en la arena térmica en tramos de ocho metros, una vez descubierta la punta de este cable se secciona, posteriormente se descubre el centro de esta sección de ocho metros para sujetarla con estrobos y de esta manera los retire la grúa de 10 toneladas.



Figura III.6 Corte en secciones de cable tripolar fuera de servicio embebido en arena térmica.



Figura III.7 Retiro de cable tripolar en secciones de ocho metros.



Figura III.8 Entrega de cable tripolar en almacenes del S.T.C.

III.1. EXCAVACIÓN

Una vez retirado el cable tripolar, comienza el proceso de excavación el cual consta de dos etapas: excavación superficial y excavación complementaria.

Excavación superficial

En este proceso se retira la arena térmica en donde se encontraba embebido el cable tripolar, esta arena térmica tiene un espesor de 0.50 metros en este proceso se utiliza una mini retroexcavadora y una cuadrilla de trabajadores que lo hace por métodos manuales.



Figura III.9 Excavación superficial por método mecánico.



Figura III.10 Excavación superficial por método manual.



Figura III.11 Retiro de excavación superficial.

Después de la excavación superficial se apuntalan las placas de concreto existentes a los lados del andador central, para de este modo contener el balasto existente, se apuntala con polines para de esta forma continuar con la excavación complementaria.



Figura III.12 Apuntalamiento de paredes de excavación.

Excavación complementaria

Esta etapa de la obra consiste en excavar en un rango de 0.20 metros a 0.70 metros de profundidad dependiendo del prefabricado a colocar (prefabricado tipo o registro), este proceso se lleva a cabo al igual que la excavación superficial, se retiran los apuntalamientos en una longitud de 10 metros para poder maniobrar libremente.

Después de este proceso es necesario demoler los dados de concreto que sirven como cimentación a los postes que sostienen las charolas en el andador central.

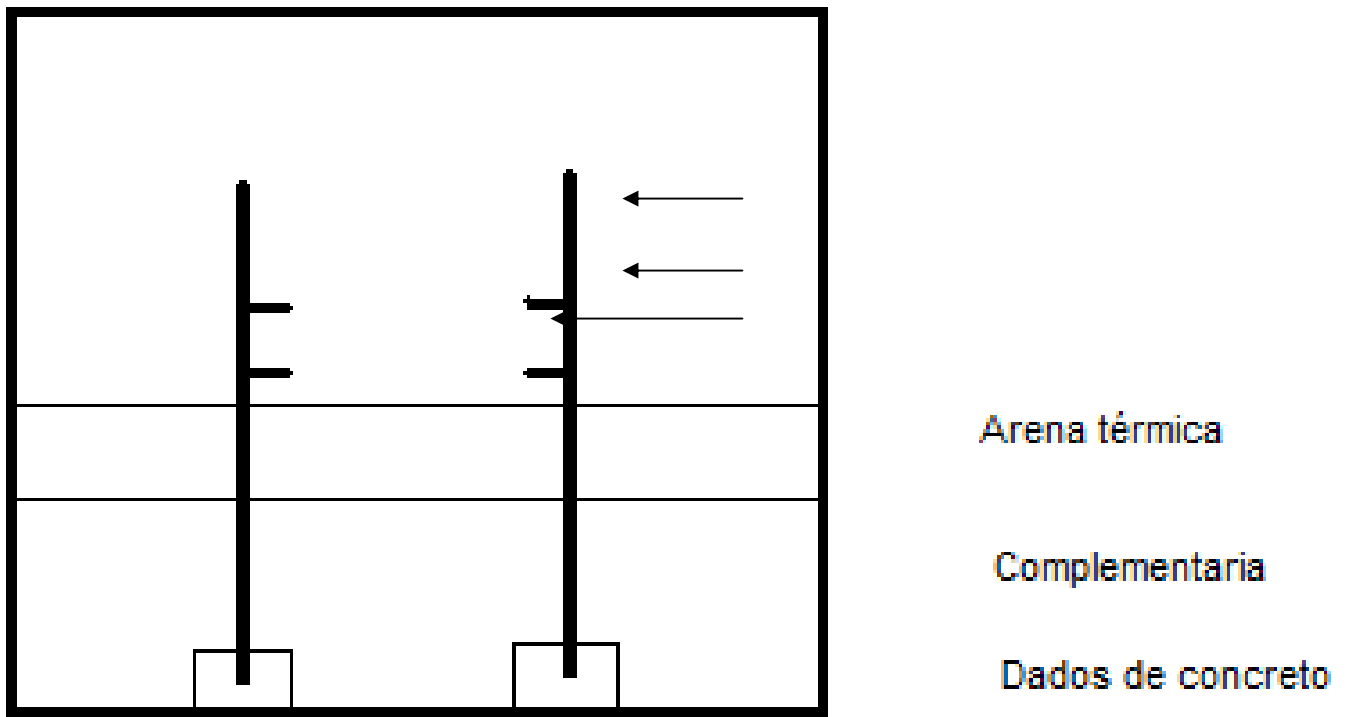


Figura III.13 Corte de andador central, dados de concreto a demoler.



Figura III.14 Vista de andador central, dados de concreto a demoler.



Figura III.15 Demolición de dados de concreto existentes como cimentación de postes soporte.

III.2. COLOCACIÓN DE PREFRABRICADOS

Cama de arena

Una vez terminada la excavación y demolidos los dados de concreto, se coloca una capa de arena de 0.05 metros como plantilla para los prefabricados.



Figura III.16 Colocación de cama de arena.

Colocación de prefabricados

La colocación de prefabricados se lleva a cabo con grúas de 10 toneladas, los prefabricados llegan de la planta fabricadora en plataformas, las cuales se sitúan en el carril de alta velocidad de la Calzada de Tlalpan en donde la están esperando las grúas para colocar dichos elementos.



Figura III.17 Patios de fabricación, prefabricados tipo “L”.



Figura III.18 Patios de fabricación, prefabricados tipo registro.



Figura III.19 Carga de prefabricados para su traslado a sitio de obra.

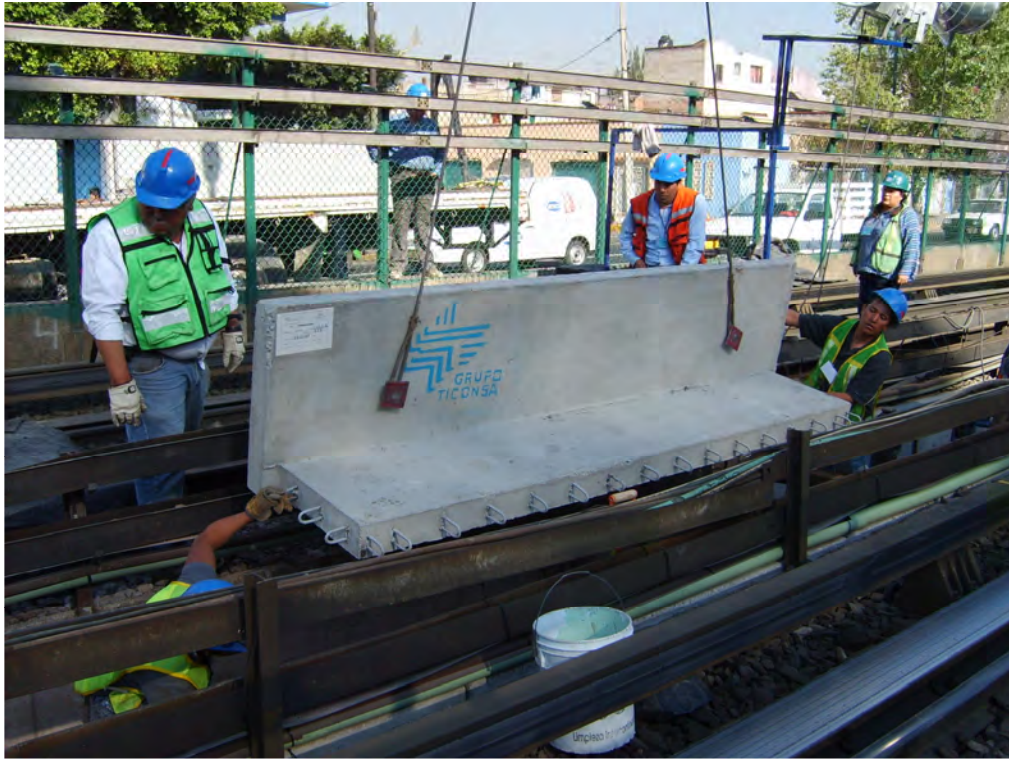


Figura III.20 Colocación de prefabricados con grúas de 10 toneladas.

Una vez colocados los prefabricados se acomodan en su lugar con ayuda de gatos mecánicos, cuando estos ya han quedado en el sitio y posición correcta se apuntalan con polines de madera para evitar que se estreche el espacio entre ellos.



Figura III.21 Separación de prefabricados con gatos mecánicos y apuntalamiento de los mismos.



Figura III.22 Apuntalamiento de un prefabricado tipo registro.

Una vez apuntalados los prefabricados se coloca una varilla de media entre sus orquetas de unión, para posteriormente juntar dichos prefabricados con concreto hecho en obra de $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.



Figura III.23 Revolvedora para realizar concreto en obra.



Figura III.24 Junteo de prefabricados.



Figura III.25 Vista de andador central con prefabricados apuntalados.

III.3. INSTALACIÓN DE CABLES EN INTERIOR DE DUCTOS

Una vez que se tiene el andador central con prefabricados se procede a colocar el banco de ductos de PVC de grado eléctrico de diámetro de 4", para la colocación de estos se toma un tramo de registro a registro 50 m entre si, se colocan separadores plásticos especialmente diseñados para estos ductos y se colocan los tubos, en las camas que sean necesarias dependiendo del número de circuitos que vayan a contener.



Figura III.26 Colocación de ductos dentro de los prefabricados de concreto.

Una vez colocados los ductos necesarios para los intertramos correspondientes se procede a encofrar dichos ductos con la arena previamente recuperada, esta arena tiene la condición de ser un aislante para los ductos y permitir un ambiente térmico favorable, para evitar posibles variaciones bruscas de la temperatura.

El vaciado de la arena se hará por medio de vachas con ayuda de los grúas de 10 toneladas, las cuales descargarán directamente sobre el banco de ductos.



Figura III.27 Descarga de arena sobre banco de ductos



Figura III.28 Distribución de arena sobre banco de ductos



Figura III.29 Arena sobre banco de ductos

En los registros se harán emboquillados a cada uno de los ductos, con la finalidad de que al colocar el cable dentro de ellos se evite al máximo la fricción y no se maltraten los cables.



Figura III.30 Preparaciones para emboquillado en registros



Figura III.31 Emboquillado en registros

Una vez que los ductos han sido cubiertos en su totalidad por la arena, se procede a la colocación de las tapas de los prefabricados, las cuales consisten en tabletas de concreto reforzado de 10 cm de espesor, las cuales en sus extremos se apoyaran sobre los prefabricados, con la finalidad de no transmitir ninguna carga al banco de ductos.



Figura III.32 Arena colocada sobre el banco de ductos al ras de los prefabricados.



Figura III.33 Tapas de concreto reforzado.



Figura III.34 Vista de andador con tapas de concreto colocadas en sitio.

Colocación de cables de 23 kv en ductos de PVC de 4”

Para la colocación de los cables de 23 kv en los ductos de PVC de 4” se procede a limpiar los ductos, para lo cual se utiliza una manguera rígida de PVC con una borla en la punta la cual empujara todo material o residuo que pueda estar en el interior del ducto, una vez limpio el ducto (ratoneo) se procede a colocar la guía dentro de los tramos de ducto donde se colocara el cable.

Ya que se tienen los ductos limpios y guiados se procede a la instalación del cable, para la cual se colocaran una pareja de trabajadores en cada registro por donde pasara el cable para ir guiando y lubricando el cable que pase, la instalación del cable se hará colocando un mecanismo de sujeción en la punta de cable (cobra) la cual es una malla metálica que al jalarse se estrecha mas contra el cable, permitiendo así una máxima sujeción, el jalado de la guía que ira arrastrando al cable se realizara con un malacate en el extremo opuesto a la colocación del carrete del cable a una velocidad y fuerza constante.



Figura III.35 Colocación de rollos de cable de 23 kv en el interior de la línea.



Figura III.36 Cableado.



Figura III.37 Cobra para jalado de cable.



Figura III.38 Lubricación y guiado del cable a través de los registros



Figura III.39 Malacate eléctrico para el jalado del cable con una fuerza y velocidad constante.



Figura III.40 Medidor de fuerza constante



Figura III.41 Cables de 23 kv en interior de ductos de PVC de 4"

Ya que se ha concluido con la instalación de cables de 23 kv en el interior de los ductos de PVC de 4", se procede a efectuar las pruebas a dichos cables las cuales consisten en hacer pasar corriente eléctrica elevada por un intervalo de tiempo y monitorear el comportamiento del cable, otra prueba que se efectúa es enviar pulsos eléctricos a través de los cables para de esta forma detectar alguna fisura en los mismos o algún empalme mal realizado.

PRUEBA DE ALTA TENSION (HIGH POT).

METODO POR PASOS

Este método consiste en aplicar la tensión lentamente en incrementos de 5 a 7 pasos de igual valor, hasta llegar al valor de tensión especificado. Manteniéndose el tiempo suficiente en cada paso para que la corriente de fuga se estabilice. Normalmente esto requiere de sólo unos cuantos segundos, a menos que los cables del circuito tengan capacitancia alta. La ventaja de este método es que permite tomar valores de corriente de fuga en cada paso, para trazar la curva después.

La especificación para cables con pantallas para pruebas de aceptación en campo recomienda que el voltaje de prueba no sea mayor del 80% de la tensión de prueba de fábrica. Esta tensión máxima de prueba debe mantenerse por 15 minutos, durante los cuales se toman valores de la corriente de fuga. La prueba se considera como buena a menos que el interruptor del circuito del equipo de pruebas opere si el cable falla.

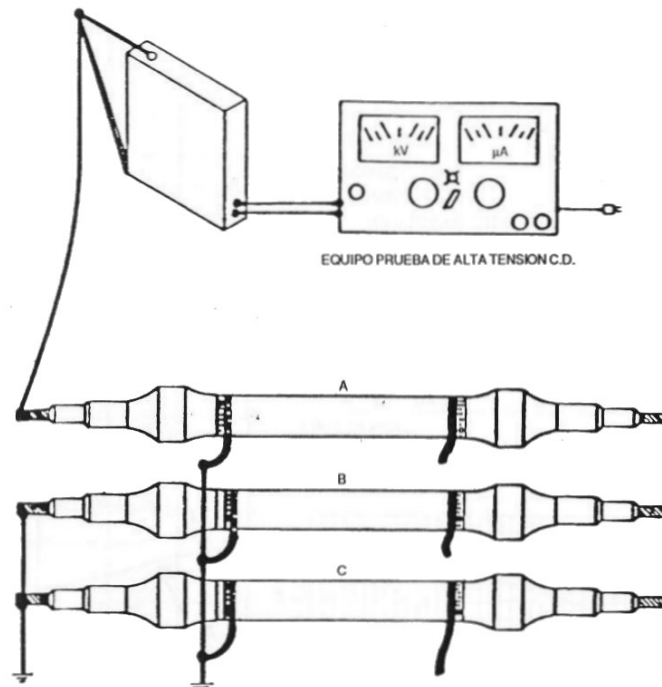


Figura III.42 Diagrama de prueba de High-Pot.

PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

Para efectuar esta prueba a un cable se usa un probador de resistencia de aislamiento, el cual puede ser manual, eléctrico o digital. Conectando el cable de línea del equipo al conductor por medir y el cable de tierra a la pantalla del conductor y al sistema de tierras.

Los valores mínimos para cables monopolares, deben estar basados en la siguiente ecuación:

$$R = K \log (D/d)$$

Donde:

R = Megaohms por cada 300 metros de cable.

K = Constante para el aislamiento del material.

D = Diámetro exterior del aislamiento del conductor.

d = Diámetro del conductor.

Para cables del tipo multipolar, los valores mínimos de resistencia de aislamiento están dados por la siguiente ecuación:

$$R = K \log (D/d)$$

Donde:

D = $d + 2c + 2b$ Diámetro sobre el aislamiento del conductor de un cable monopolar.

d = Diámetro del conductor.

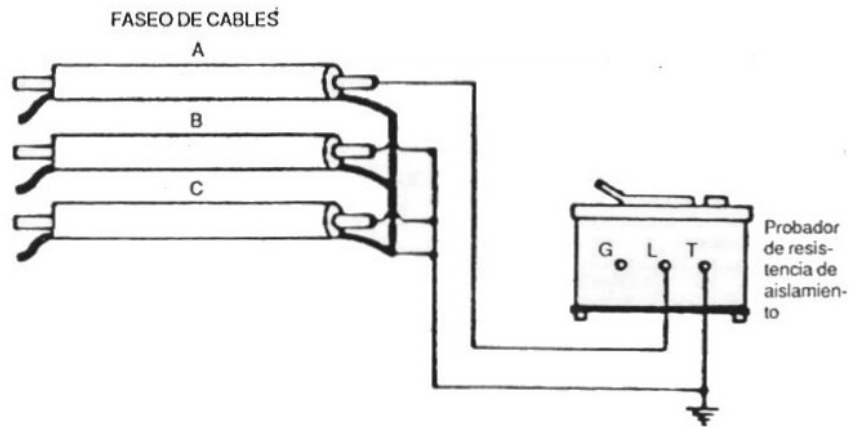
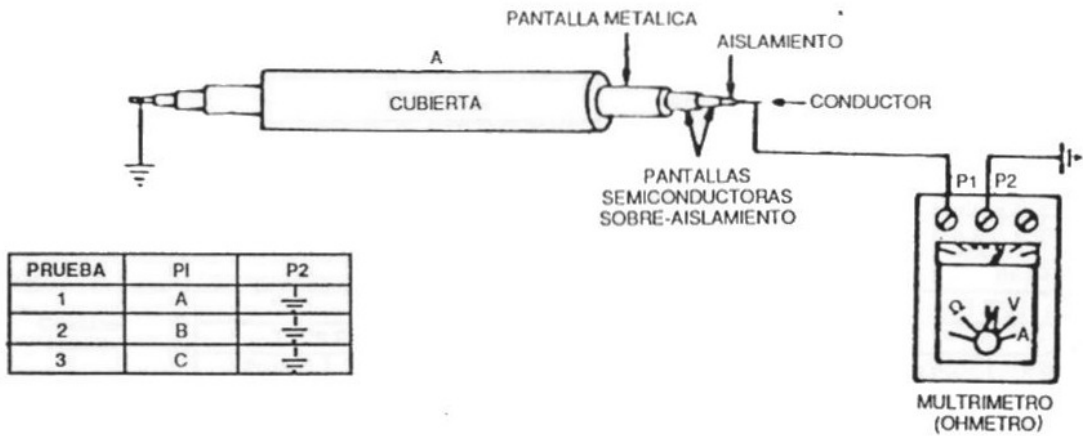
c = Película del aislamiento del conductor.

b = Película de la cubierta de aislamiento.

Los valores mínimos a 60 °F (15 °C) para la constante K son:

2,640 para papel impregnado.

50,000 para polietileno-termoplástico.



PRUEBA	CONEXION DE PRUEBA			
	L	G	T	
1	A	—	B-C	
2	B	—	C-A	
3	C	—	B-A	
4	ABC	—		

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Figura III.42 Diagrama de prueba de Resistencia de Aislamiento.

Concluidas las pruebas a los cables de 23 kv se realiza la puesta en servicio de los mismos, el retiro de los anteriores y el retiro de las charolas de aluminio que se encontraban en la malla de confinamiento de la línea.

CAPITULO IV

PROGRAMA DE OBRA

CAPITULO V

CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

El metro de la Ciudad de México proporciona a su población un método de transporte que es rápido y eficiente, desafortunadamente el ritmo de la construcción y ampliación de sus redes no es acorde con el ritmo de crecimiento de la población de esta gran ciudad; por tal motivo en ocasiones este medio de transporte al igual que todos los demás dentro de esta gran ciudad parece ser insuficiente.

Con el paso del tiempo se han mejorado las herramientas de trabajo y se han estudiado nuevas formas para realizar los trabajos de manera más eficiente, prueba de ello son los trabajos descritos en la presente tesis.

Durante los comienzos del metro de la Ciudad de México se pensó era conveniente utilizar un cable tripolar para cada fase de los cables de alta tensión el cual sería ahogado en arena térmica, con el paso del tiempo se detectó que este cable representaba grandes problemas de mantenimiento ya que al fallar alguno de los cables contenidos dentro del paquete de un cable era necesario tomar estrictas medidas de precaución para no dañar las otras dos fases contenidas dentro del cable, y aun así en la mayor parte de los mantenimientos o corrección de fallas se lastimaban las otras fases contenidas dentro de los cables y era necesario realizar un injerto y sustituir una sección de estos cables completamente.

Como se puede observar en esta tesis la Ingeniería Civil es la ingeniería que engloba a todas las demás áreas de la ingeniería, así como las demás disciplinas: arquitectura, diseño, ciencias sociales y ciencias humanas. Es deber del Ingeniero Civil tener un amplio criterio y hacer funcionar todas y cada una de las partes de un proyecto para su correcto funcionamiento y desempeño.

BIBLIOGRAFÍA

Proyecto Ejecutivo del: **“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EL BANCO DE DUCTOS Y ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DEL TRAMO SUPERFICIAL DE LA LINEA 2 DEL METRO”, SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO (METRO) 2007.**

<http://www.metro.df.gob.mx/>

Sistema de Transporte Colectivo (2010). «Cifras de operación en 2010». Ciudad de México, México: Sistema de Transporte Colectivo. Consultado el 27 de agosto de 2010.

<http://www.floresdenieve.cepe.unam.mx/diecisiete/metrokamila.htm>

Comisión Federal de Electricidad, Gerencia de Distribución, Capítulo 12 CABLES DE POTENCIA Y ACCESORIOS.