

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA



---

LOCALIZACION, TRAZO Y CONSTRUCCION  
DEL CABLE DE 230 KV SAN ANGEL-COYOACAN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Topógrafo y Geodesta

P R E S E N T A:

FRANCISCO ENRIQUE MUÑIZ ARREOLA

1 9 8 2



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.

CAPITULO I

## I N T R O D U C C I O N

México es un país en pleno desarrollo social y económico que requiere de un suministro constante y suficiente de energía eléctrica, elemento vital, sin el cual no es posible el crecimiento de las ciudades, la instalación de nuevas industrias y el mejoramiento de los habitantes en general.

La vida moderna nos ha obligado cada vez más -- al empleo de equipos y aparatos eléctricos dando como -- consecuencia, que el índice de KW instalado y KW consumido por habitantes, vaya siempre en aumento, dando origen a la instalación de nuevas plantas generadoras, subestaciones y sistemas de transmisión y distribución.

En la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, los sistemas de transmisión operan en tensiones de 44, 66, -- 85, 230 y 400 KV.

En la actualidad, se están construyendo únicamente instalaciones de 85, 230 y 400 KV.

Las instalaciones aéreas en CLFC trabajan en -- todas las tensiones indicadas anteriormente, mientras -- que las subterráneas transmiten únicamente en 85 y -- 230 KV.

En el Distrito Federal y en algunas partes del Estado de México, el problema que se presenta al tratar de alimentar nuevas subestaciones por medio de líneas aéreas, suspendidas en torres o postes de acero, es el alto desarrollo demográfico, la carencia de derechos de vía y las reglamentaciones gubernamentales, lo cual hace imposible la construcción de los sistemas de transmisión aéreos.

Este problema ha sido resuelto satisfactoriamente mediante la construcción de sistemas de transmisión subterránea operando a tensiones elevadas. Estas instalaciones si bien son más costosas que las aéreas tienen la ventaja de que son más confiables, ya que no están expuestas al exterior, dando además una mejor apariencia a la ciudad.

Antes de entrar en materia, describiremos brevemente la historia del desarrollo de los cables subterráneos.

#### Historia del desarrollo de los cables subterráneos.

##### Antecedentes.

La transmisión de energía eléctrica por medio de cables aislados dió comienzo con los estudios realizados durante 19 años por Luigi Emanueli, consistentes en demostrar la efectividad del aislamiento de papel impregnado en aceite sometido a presión. En 1926 logró demostrar que mediante este proceso era posible suprimir la corriente de ionización en los cables.

Después de estas experiencias, se instalaron en Europa un gran número de cables a compresión en tubos de acero. En Alemania por ejemplo a pesar de la guerra, se llevaron a cabo 14 instalaciones antes de 1940 y 4 años más tarde el número llegaba a 24, de las cuales 9 eran cables de 100 KV o más.

En Inglaterra no tuvo aceptación este tipo de cables debido al problema que presentaba la corrosión, sin embargo cuando la tubería fué recubierta con plomo encontró gran aceptación y durante la guerra se instalaron 8 cables, llegándose a experimentar con un cable de corta longitud a 264 KV.

En los Estados Unidos de Norte América no tuvieron aceptación al principio puesto que la economía de estos sistemas no había sido plenamente demostrada y no se encontraba algún medio para evitar la corrosión, además de lo complicado de los empalmes. Pese a ello, la Pennsylvania Railroad instaló un cable en 1934, el cual tuvo éxito con excepción de alguna corrosión en la tubería. En 1940, en Burlington New Jersey se instaló un segundo cable de 138 KV con resultados satisfactorios.

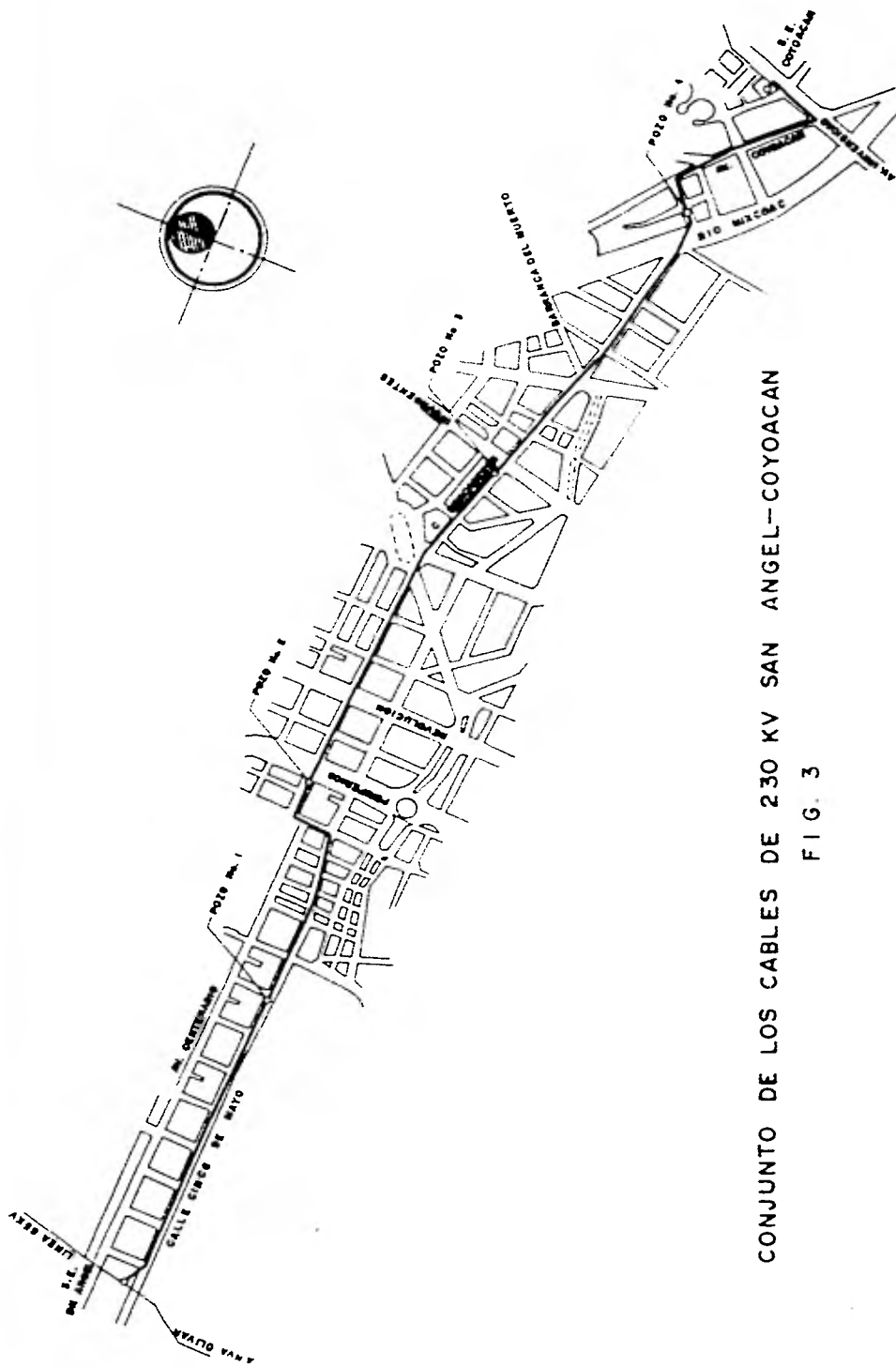
La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, instaló en México en 1951 el primer cable subterráneo tipo tubo a compresión de gas a 85 KV. con longitud aproximada de 9.6 km. El cable se encuentra hasta la fecha operando satisfactoriamente.

Posteriormente Martín Hodstadler llevó a la práctica el principio de Emanuelli aplicando presión radial desde el centro del conductor, encontrando que la presión a través del aislamiento no era constante. Tiempo después, aplicó la presión desde el exterior, descubriendo que a  $14\text{-kg/cm}^2$  se eliminaba la ionización.

En 1932 se instaló en Londres, el primer cable trifásico con fines comerciales, con longitud de 4 km y operando a 33 KV. Este cable fué recubierto con una capa triangular de plomo e introducido en una tubería de acero con una presión de nitrógeno de  $14\text{ kg/cm}^2$ . El cable fué retirado de servicio dado que tuvo problemas de corrosión.

El Dr. D. M. Robinson en 1933 construyó una instalación experimental en Wood Lane, Londres consistente en un cable a compresión probado a 66 KV, operando continua y satisfactoriamente durante tres años bajo distintos ciclos de carga y sobre voltajes. En este caso, el problema también fué la corrosión que no pudo ser eliminada.

En 1936, en Arnhem, Holanda, los laboratorios Kema efectuaron una instalación experimental de 260 KV con longitud de 100 m. obteniendo un esfuerzo de ruptura máximo en el dieléctrico de 400 volts/mil. La instalación falló en una unión en la que entró humedad durante su elaboración. Se instaló un segundo cable con menor espesor en el aislamiento obteniéndose un esfuerzo máximo de ruptura del dieléctrico de 425 volts/mil.



CONJUNTO DE LOS CABLES DE 230 KV SAN ANGEL-COYOACAN

FIG. 3



El origen de este trabajo es debido a que no fué posible construir una línea aérea entre las subestaciones San Angel - Coyoacán por lo que la CLFC, planeó la instalación de dos cables trifásicos subterráneos tipo tubo alta-presión de aceite para unir las subestaciones mencionadas.

En este trabajo se describe el trazo, construcción y las pruebas de puesta en servicio del cable San Angel Coyoacán. En la figura No. 3, se muestra la ruta de este cable.

## DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES.

El sistema de transmisión subterránea de interés particular para nosotros es el que une las subestaciones San Angel - Coyoacán, al cual llamaremos "CABLE SAN ANGEL-COYOACAN", que ya es uno de los tantos instalados por el personal calificado de la Cía. de Luz y Fza. del Centro (C.L.y F.C.).

En la tabla No. 1, se pueden observar los datos de los cables ya instalados dentro del sistema central, así como sus principales características de diseño y operación.

El cable San Angel - Coyoacán, básicamente consiste de dos circuitos trifásicos con tres cables unipolares -- por circuito, colocados dentro de tuberías de acero y con relleno de aceite a alta presión y en oscilación.

Las tuberías a su vez son instaladas dentro de una trinchera, la cual contiene arena especial misma que es llamada arena térmica, la trinchera debe de estar libre de obstáculos y a una profundidad promedio de 1.20 mts. pudiendo variar esta profundidad en función de las dificultades que se vayan presentando durante la excavación, en la figura 2 se observará el arreglo de las tuberías dentro de la trinchera y en la figura 3 se muestra la ruta del cable San Angel - Coyoacán, y localización del mismo.

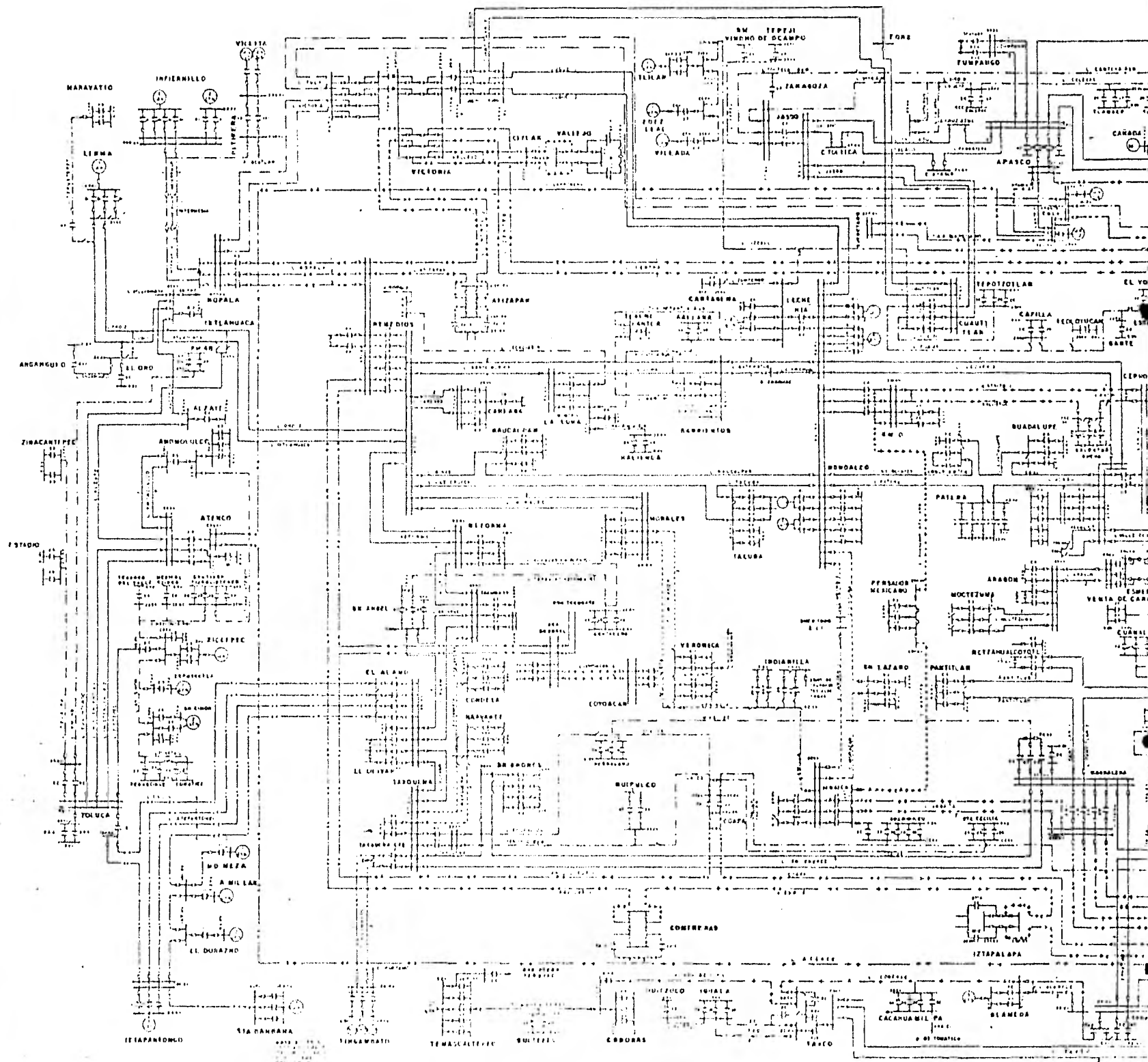


DIAGRAMA I-1

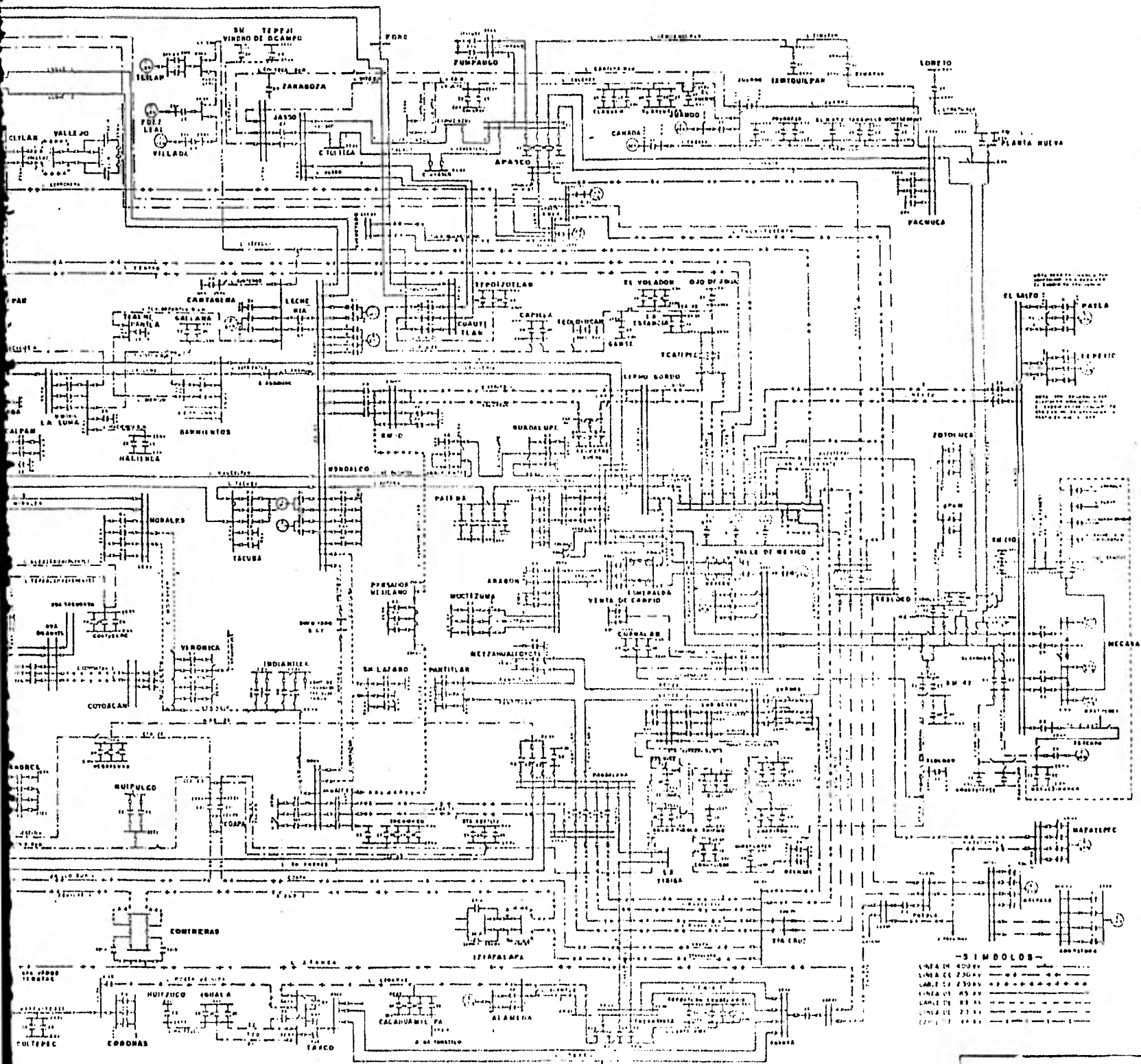
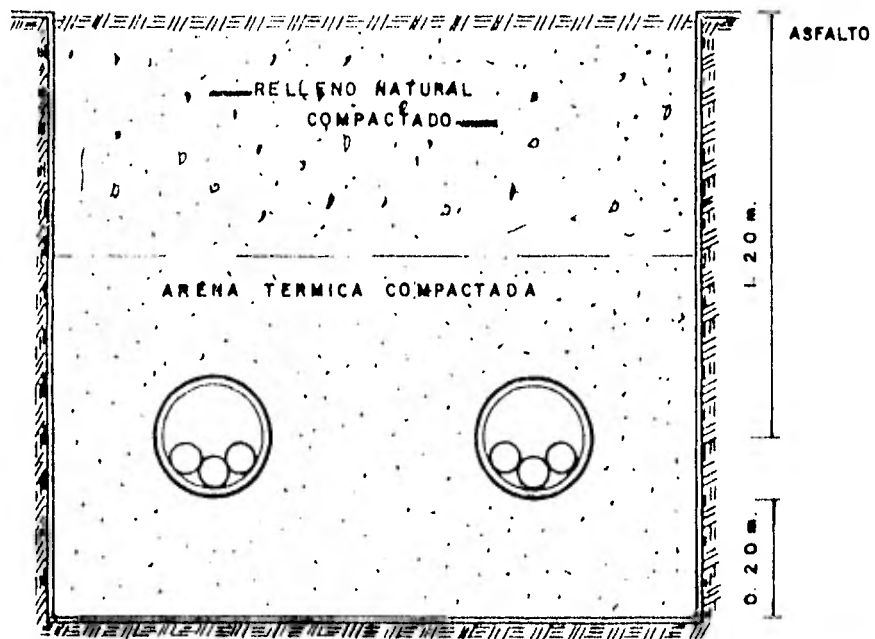


DIAGRAMA I-1

TABLA I  
 CABLES DE ALTA PRESION TIPO TUBO  
 INSTALADOS EN EL SISTEMA CLYFC

CABLE INSTALADO ENTRE LAS SE's	AÑO EN OPERACION	TENSION EN KV	LONGITUD EN KM	AISLANTE Y REFRIGERANTE	CALIBRE EN MCM	FABRICANTE	OBSERVACIONES
NONOALCO-SN. LAZARO	1951	85	5.8	NITROGENO	500	PHELPS DODGE	
JAMAICA-SN. LAZARO	1951	85	3.9	NITROGENO	500	PHELPS DODGE	
CONDESA-TACUBAYA	1960	85	3.5	NITROGENO	700	PHELPS DODGE	
TASQUENA-NARVARTE	1960	85	5.3	NITROGENO	900	PHELPS DODGE	2 CIRCUITOS
NARVARTE-CONDESA	1960	85	4.5	NITROGENO	700	PHELPS DODGE	
MORALES-VERONICA	1966	85	3.7	ACEITE SUN N°6	1000	CONDUMEX	2 CIRCUITOS
INDIANILLA-VERONICA	1966	85	3.3	ACEITE SUN N°6	800	CONDUMEX	
INDIANILLA-JAMAICA	1966	85	2.8	ACEITE SUN N°6	800	CONDUMEX	
JAMAICA-BUEN TONO	1969	85	3.5	ACEITE SUN N°6	800	CONDUMEX	
NONOALCO-BUEN TONO	1969	85	3.3	ACEITE SUN N°6	800	CONDUMEX	
K-O-P MEXICANO	1972	230	2.4	ACEITE SUN N°6	1000	CONDUMEX	
P MEXICANO-MERCED	1972	230	2.3	ACEITE SUN N°6	1000	CONDUMEX	
MERCED-JAMAICA	1972	230	5.9	ACEITE SUN N°6	1000	CONDUMEX	
CEYLAN-VALLEJO	—	230	4.2	ACEITE SUN N°6	1500	CONDUMEX	2 CIRCUITOS
SN. ANGEL-COYOACAN	—	230	4.0	ACEITE SUN N°6	1000	CONDUMEX	2 CIRCUITOS



CORTE TRANSVERSAL

ARREGLO DE LAS TUBERIAS DENTRO DE LA TRINCHERA

FIGURA 2

### CARACTERISTICAS DEL CABLE

En la figura 4 se observa la construcción del cable de 1500 MCM para 230 KV utilizado en la instalación.

Las características del cable deben ser las requeridas por la Cía. de Luz y Fuerza del Centro, S. A., en su especificación CA-13 CLFC bajo el título: "Especificaciones particulares condensadas para el cable de potencia trifásico subterráneo de 230 KV entre las subestaciones San Angel - Coyoacán.

Las principales características de instalación y operación de los cables quedarán definidas por los siguientes valores:

(Nota: los números de referencia marcados con as terisco) indican que estos valores fueron proporcionados por el fabricante, en cuestionario proporcionado por la compañía).

<u>Referencia</u>	<u>D e s c r i p c i ó n</u>	<u>V a l o r</u>
1	No. de circuitos trifásicos.	2
2	Calibre	1500 MCM
3	Tensión nominal entre fases	230 KV
4	Frecuencia	50/60 Hz
5	Altitud de operación	2300 m
6	Presión nominal de aceite	14 Kg/cm <sup>2</sup>
7	Temperatura máxima de los conductores	85°C
8	Diferencia de temperatura entre el tubo y la tierra (interfase)	60°C
9	Resistibilidad térmica del terreno con relleno de arena térmica.	100°Ccm/watt

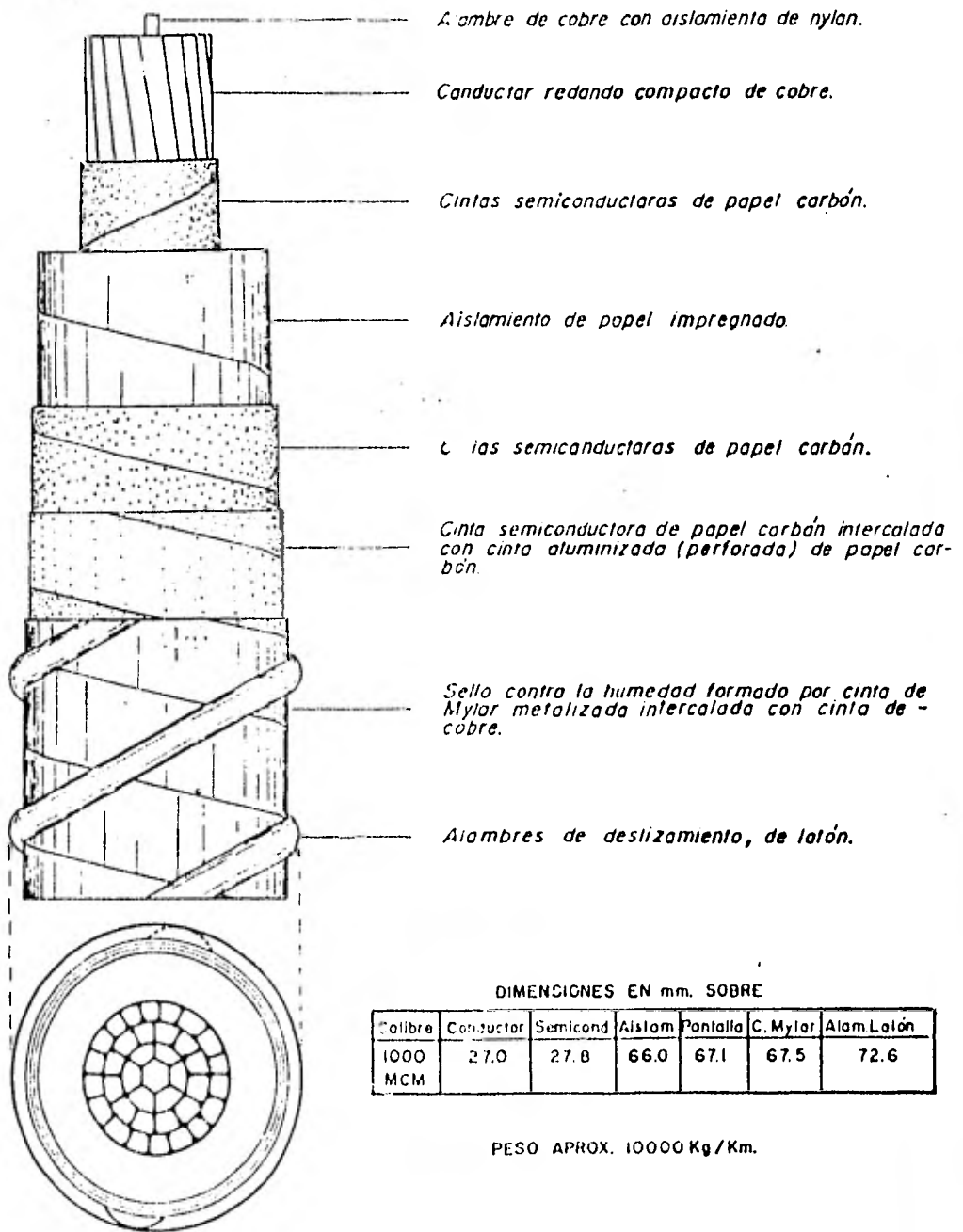


FIG. 4. CABLE REDONDO COMPACTO TIPO TUBO PARA 230 KV.



<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Valor</u>
10	Temperatura ambiente del terreno (prom.)	24°C
11	Profundidad de instalación	1.20 m
12	Separación entre tubos	0.70 m
13	Factor de carga promedio	75 %
14	Corto circuito máximo trifásico o de fase a tierra entre las subestaciones durante 5 seg.	15000 MVA
15 *	Capacidad de conducción:	
	a) Con presión estática de aceite: (dos tubos) a factor de carga 75%	683 Amperes
	b) Con oscilación de aceite: (un tubo) a factor de carga 75%	758 Amperes
16 *	Resistencia a la corriente alterna por kilómetro a 25°C	0.03287 OHM/Km
17 *	Reactancia inductiva por kilómetro a 50 Hz:	
	Secuencia positiva	0.1017 OHMS/Km
	Secuencia negativa	0.1017 OHMS/Km
	A 60 Hz:	
	Secuencia positiva	0.1220 OHMS/Km
	Secuencia negativa	0.1220 OHMS/Km
18 *	Reactancia capacitiva por kilómetro:	

Referencia	<u>Descripción</u>	<u>Valor</u>
	a 50 Hz	12 768 OHM/km
	a 60 Hz	10 686 OHM/km
19	Impedancia de secuencia cero por Km.	0.105 OHM/km
20	Pérdidas dieléctricas a la tensión nominal por kilómetro:	
	a 50 Hz	7.6 KW/km
	a 60 Hz	9.12 KW/km
	Construcción y características del cable y sus accesorios.	
21	Cables.	
	a) Conductores.	
	Cable segmental 1500 MCM, con hilo monitor, son cuatro segmentos de cobre suave de 375 MCM cada uno, dos de ellos aislados y dos con cintas semi conductoras. El conjunto está sujeto a una cinta de papel semiconductora intercalada con una cinta de cobre.	
	b) Construcción.	
	Cada fase consta de un conductor como se describe en el punto anterior, el conjunto debe ser aislado con papel impregnado en aceite, con espesor de 760 milésimas de pulgada para el 100% de nivel de aislamiento.	

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Valor</u>
	Cada fase tiene una pantalla sello contra humedad a base de cintas de cobre y mylar aluminizado. Sobre el conjunto se colocan dos alambr <b>es</b> de arrastre de latón.	
	c) Características mecánicas:	
	Tensión máxima de jalado	17000 kg.
	Peso unitario	13.414 Kg/m.
22	Terminales	
	Nivel básico de aislamiento al impulso a 1000 m. sobre el nivel del mar.	1050 KV
23	Tubería de acero:	
	a) Tubería (según especificación ASTM 523-64)	
	Grado A.	
	Diámetros:	
	Exterior	219 mm
	Interior	206.4 mm
	Longitud de los tramos	12-14 m
	b) Recubrimiento	
	Interior: pintura epóxica "THIXOPOxy" con un espesor de 0.315 m. (0.008 pulgadas).	
	Exterior: polietileno de alta densidad color amarillo "X-TRU-COAT" con espesor de 2.36 mm (0.60 pulgadas)	

<u>Referencia</u>	<u>Descripción</u>	<u>Valor</u>
24	Equipo de bombeo para oscilación de aceite:  Estaciones de bombeo marca - "Pikwith" tipo consola sencilla interior para control de presión y oscilación del aceite, 220 volts y 50/60 Hz.	
25	El aceite aislante y refrigerante debe cumplir con lo especificado en las normas ASTM y de las cuales se indican - las características principales siguientes:  a) Viscosidad, SUS a 38°C (100°F) b) Viscosidad, SUS a 99°C (210°F) c) Peso específico a 16°C (60°F) d) Factor de Potencia máximo a 115°C (239°F) e) Punto mínimo de encendido en - copa abierta 193°C (380°F)  Este aceite podrá ser Sun No.6 "Electrical Insulating Oil" de SUNOCO, siempre que esté dentro de las especificaciones mencionadas.	750 a 800 58 a 63 0.917 a 0.930

CAPITULO II

## LOCALIZACION Y TRAZO.

## 1. ESTUDIO PREVIO.

El estudio previo para la construcción del cable de 230 KV San Angel-Coyoacán, fué realizado por la Sección de Ingeniería Topográfica de C.L.F.C. (Cía. de Luz y Fza. del Centro, S.A.), teniendo como función principal la localización - de la mejor ruta posible, la cuál generalmente es la más corta, aprovechando todos los elementos con que cuenta C.L.F.C.; en este caso se utilizaron los planos a escala 1/3000 de la - Ciudad de México para la verificación de la ruta.

Con la ruta ya esbosada en planos auxiliares, se tomaron en cuenta todas las instalaciones subterráneas de Servicios Públicos; tales como drenajes; principalmente los de - gran diámetro, agua potable de características similares, te-léfonos, etc. pués aunque la mayoría de los proyectos son factibles, debe considerarse el factor económico. De acuerdo a-lo anterior el estudio preliminar influirá importantemente en los costos del proyecto.

Después de tener la ruta señalada, se hizo un reco-rrido a pie por dos ingenieros, uno de la Sección Eléctrica y otro de la Sección de Topografía. Este recorrido tuvo el ob-jeto de observar en el propio terreno todos y cada uno de los problemas que existen para dar término al proyecto.

## 2. COORDINACION ENTRE DEPARTAMENTOS INVOLUCRADOS.

En cualquier proyecto aunque se considere de mínima importancia, es indispensable una organización adecuada, con-

el objeto de que sus resultados sean óptimos. De acuerdo a lo anterior, una de las condiciones indispensables es la coordinación, sobre todo en aquéllos aspectos en los cuales intervienen otros departamentos.

En el caso concreto del cable San Angel - Coyacán, los departamentos que intervinieron son los siguientes:

- a) Planeación.
- b) Ingeniería Eléctrica.
- c) Topografía.
- d) Ingeniería Mecánica.
- e) Laboratorio.
- f) Construcción.

De la buena coordinación de estos departamentos dependió el llevar el proyecto a su término en el tiempo y costo adecuados.

El Departamento de Construcción llevó a cabo la construcción del proyecto, con los planos elaborados para dicha obra.

El Departamento de Laboratorio fué el encargado de poner en servicio estas instalaciones, efectuando pruebas de aceptación para éstas; en otro capítulo hablaremos más ampliamente sobre ellas.

Para el logro del rendimiento máximo en todas las funciones, desde la planeación hasta el final, fué indispensable establecer la óptima coordinación, todo dentro de las normas específicas y contractuales que deben observarse por todos los integrantes del proyecto.

### 3. LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.

Establecida la franja de afectación, se procedió - al levantamiento topográfico de la misma, cuya precisión fué de 1/5000.

Con la localización definitiva de los predios para las subestaciones San Angel - Coyoacán, se llevó a cabo una poligonal cerrada, trazada a lo largo de una banqueta que se consideró tenía el menor tránsito posible de peatones y en la cual, quedaron involucrados los predios en cuestión, por lo que dicha poligonal se inició en el predio de la Subestación San Angel y fué llevada a la Subestación Coyoacán, por la ruta previamente elegida, regresando por otras calles, - preferentemente aquellas que nos brindaban otra alternativa posible.



Se inició el levantamiento por la supuesta mejor - ruta, y tomando en cuenta que dentro de ella debía de quedar toda la planimetría utilizando para ello radiaciones, fué in dispensable dejar puntos fijos en o cerca de cada esquina, - con el objeto de tomar todas las arterias viales que cruce la ruta.

En el levantamiento planimétrico se tomó en cuenta:

- 1.- Líneas aéreas, telefónicas y eléctricas.
- 2.- Arbortantes.
- 3.- Camellones.
- 4.- Caminos.
- 5.- Parámetros registrados de instalaciones ocultas.
- 6.- Carreteras.



MODELO DE REGISTRO DE CAMPO PARA OBTENER LA PLANIMETRIA

ESTACION	PUNTO VISADO	D.O.			H.M.	D.H.	DESNIVEL	COTAS	KM.
E - 5	E - 4	45.437	0° 00'	92° 17'					
1.60	poste de concreto	6.50	30° 10'						
	registro de telefonos	9.30	49° 09'						
	registro de drenaje	11.70	53° 10'						
	arbol seco	8.20	60° 12'						
	registro LyF	6.80	35° 46'						
	arbotante	12.50	63° 10'						

#### 7.- Pasos a desnivel.

Todo esto, nos proporcionó una imagen más fiel de los accidentes clásicos. Una vez cerrada la poligonal, se compensó mediante el método de BODWITCH.

La poligonal anterior, se orientó astronómicamente en su inicio, en un punto intermedio y al final; con el objeto de tener un control adecuado de los rumbos.

Para efectuar el levantamiento de la poligonal, - participó el siguiente personal:

- a) Un Ingeniero Topógrafo.
- b) Tres cadenceros.
- c) Un peón.

El equipo que se usó en este levantamiento fué:

- a) Un tránsito wild de aproximación mínima de un minuto.
- b) Dos estadales.
- c) Dos balizas.
- d) Una cinta de acero de 50 mts.
- e) Once fichas.
- f) Dos plomadas.
- g) Nivel de mano.

Al final del capítulo se anexan las hojas de cálculo de las poligonales y de los rumbos.

#### 4. ORIENTACION ASTRONOMICA.

El método utilizado fué el de distancias zenitales de un astro, en nuestro caso el sol.

LUGAR y FECHA Tacubaya D.F. Enero 10 1974 DISTANCIAS ZENITALES

EST. E-1 : M.S. 81° 00' 09"

$$\cos \text{Azimut} = \frac{\sin^2 \delta}{\cos \phi \sin Z} - \tan \phi \cot Z$$

TIEMPO DEL SOL AL SEÑAL = 12h 07m 39s

TIEMPO DE OBSERVACION = 9 07 06

INTERVALO = 3h 00m 29s

INTERVALO (EN HORAS) = -3.0085 x 22.58 = -1.08

DECLINACION = -21° 55' 00"

CORRECCION = - 01' 08"

b = -21° 56' 08"

S	P	V	hora	$\phi$	Z'	S	P	V	hora	$\phi$	Z'	
1	D	sol		33° 06'	68° 71'	4	D	sol		33° 59'	293° 24'	$\sin \delta = 0.37356$
	I	sol		212 52	291 49					214 14	66 46	$\phi = 19° 22' 37''$
	PROMEDIOS			32 59	68 16					34 06	66 41	$\cos \phi = 0.94336$
2	D	sol		33 14	222 22	5						$\tan \phi = 0.35170$
	I	sol		213 28	67 50							$K = \frac{\sin \delta}{\cos \phi}$
	PROMEDIOS			33 21	67 44							$K = 0.37356$
3	D	sol		33 54	67 13	6						$0.94336$
	I	sol		213 42	292 22							$K = -0.39599$
	PROMEDIOS			33 48	67 08							

h	21° 44'	22° 16'	22° 52'	23° 19'	
-T	02	02	02	02	
h	21° 42'	22° 14'	22° 50'	23° 17'	
cos h	0.92913	0.92565	0.92164	0.91856	
K/cos h	-0.42619	-0.42780	-0.42966	0.43110	
tan h	0.39795	0.40877	0.42105	0.43032	
tan h tan h	0.13996	0.14376	0.14809	0.15134	
cos Az	0.56615	0.57156	0.57774	0.58224	
Az sol	124° 28' 56"	124° 51' 31"	125° 17' 30"	125° 36' 29"	
360° -					
Az LUGAR	91° 29' 56"	91° 29' 59"	91° 29' 30"	91° 29' 59"	

AZIMUT = 91° 29' 51"

ALTIMETRO = S 88° 30' 09" E

## 5. PROYECTO GRAFICO.

Una vez calculadas las proyecciones X,Y y con la cuadrícula correspondiente, se procedió a determinar los puntos de intersección (PI) y consecuentemente la poligonal auxiliar, que abarcó una amplia zona para que sobre ella se determinara gráficamente la ruta definitiva.

Apoyándose en los puntos sobre tangentes de la propia poligonal, se dibujaron todos los detalles planimétricos levantados por radiaciones, procurando una precisión adecuada en la localización de registros e instalaciones subterráneas; puntos que prácticamente nos marcaron la ruta definitiva del cable.

En el dibujo aparecen todos los postes de los diferentes servicios que afectan a la zona, pero no se indicaron las líneas aéreas para mayor claridad del dibujo.

Una vez dibujados los borradores con todos los detalles y registro de instalaciones, se procedió al trazo gráfico de la ruta, para enviarse posteriormente a Ingeniería Eléctrica para su aprobación.

Como inicio del trazo en cuestión, se proyectaron las entradas y salidas de las subestaciones San Angel y Coyoacán, precisamente con los datos que el Departamento Eléctrico de subestaciones proporcionó, siendo éstos, la posición de trifurcadores, estructuras de remate etc., ya que los mismos determinaron el punto  $0 + 000$  y el punto  $4 + 025.32$  del cable.

## 6. CURVAS HORIZONTALES Y VERTICALES.

En la ruta del cable San Angel - Coyoacán, se trazaron las Curvas Horizontales, con la restricción de tener un radio mínimo de 20 mts. que nos marca el fabricante de estas tuberías.

El método que se empleó fué el tradicional de trazo de Curvas Horizontales Simples, en la tabla No. 2 encontramos los elementos de las curvas trazadas en el cable San Angel - Coyoacán, a continuación se pone como ejemplo el cálculo de la Curva No. 3.

## CURVA HORIZONTAL No. 3

$$\Delta = 0^{\circ} 52' D \quad ST = 20 \text{ m.}$$

$$\frac{\Delta}{2} = 0^{\circ} 26'$$

$$\Delta = 0^{\circ} .86667 D$$

$$R = ST \cot$$

$$R = 20 \times 132.2185$$

$$R = 2644.37$$

$$LC = \frac{\Delta \pi R}{180}$$

$$LC = 0.0174533 \times R$$

$$LC = 0.0174533 \times 0.86667 \times 2644.37$$

$$LC = 39.999$$

$$G = \frac{1145.9158}{R} = \frac{1145.9158}{2644.37}$$

$$G = 0^{\circ} 433342 = 0^{\circ} 26'$$

$$\frac{G}{2} = \frac{0^{\circ} 212671}{2}$$

$$0^{\circ} 650013$$

## CURVAS HORIZONTALES.

CURVAS	P.C.	P.I.	P.T.	DEFLEXION	RADIOS	L.C.	S.T.
1	0+053.92	0+073.92	0+093.56	18°43'I	121.36	39.64	20.00
2	0+471.28	0+526.28	0+581.24	3°55'D	1608.53	109.96	55.00
3	1+001.04	1+021.04	1+041.04	0°52'D	2644.37	39.99	20.00
4	1+133.04	1+153.10	1+172.92	13°23'I	170.47	39.82	20.00
5	1+348.00	1+363.00	1+373.24	77°47'I	18.60	25.25	15.00
6	1+451.17	1+474.67	1+487.85	90°58'D	23.11	36.69	23.50
7	1+853.57	1+871.47	1+889.47	0°19'D	6513.61	36.00	18.00
8	2+123.76	2+143.76	2+163.76	2°04'I	1104.38	40.00	20.00
9	2+245.63	2+265.63	2+285.41	14°14'D	160.15	39.78	20.00
10	2+481.65	2+496.65	2+511.65	1°52'D	920.74	30.00	15.00
11	2+569.17	2+584.17	2+599.15	4°32'I	379.00	29.98	15.00
12	2+770.60	2+790.60	2+810.30	17°10'D	132.50	39.70	20.00
13	2+857.45	2+877.45	2+897.02	20°39'I	109.78	39.57	20.00
14	3+034.12	3+049.12	3+064.12	0°14'D	7366.60	30.00	15.00
15	3+310.88	3+346.88	3+377.08	55°53'I	67.86	66.20	36.00
16	3+472.65	3+487.65	3+497.93	77°27'D	18.71	25.29	15.00
17	3+567.55	3+587.55	3+606.67	29°25'D	76.20	39.12	20.00
18	3+639.36	3+655.26	3+672.96	106°43'I	14.80	27.57	20.00
19	3+705.10	3+728.85	3+739.91	98°41'D	20.21	34.81	23.53

Tabla No. 2

$$dm = 0' .650013$$

$$PI_3 = 1 + 032.90$$

$$ST = \underline{\quad - 20.00 \quad}$$

$$PC = 1 + 012.90$$

$$LC = \underline{\quad + 039.999 \quad}$$

$$PT = 1 + 052.90$$

$$dm = \frac{\Delta/2}{LC}$$

$$dm = 0^{\circ} 0' 39.01$$

$$d 10m = 6' 30''$$

4 cuerdas de 10 mts.

$$1 + 022.90 - 0.630$$

$$032.90 - 0.1300$$

$$042.90 - 0.1930$$

$$1 + 052.90 - 0.2600$$

Las Curvas Verticales para este cable tuvieron la misma restricción que las Curvas Horizontales marcada por - el fabricante, el método empleado para el trazo de estas -- curvas fué usando las propiedades de la parábola ejemplo:

#### CURVA VERTICAL.

1a. subrasante + 3%

2a. subrasante - 2%

cota de PIV: 100.00  $v = 1\%$  est.

$$V = (+3) - (-2) = 5$$

$V = 5\%$   $v = 1\%$  est.

$L = \frac{V}{v} = 5$  estaciones: se ponen 6

1

cota de PCV

$$100 - \left( \frac{3}{100} \times 60 \right) = 98.2$$

cota de A =

$$100 + \left( \frac{3}{100} \times 60 \right) = 101.8$$

cota de PIV =

$$100 \left( \frac{2}{100} \times 60 \right) = 98.8$$

$$D = 101.8 - 98.8 = 3.00 \text{ m}$$

$y = \frac{D}{L^2} n^2 =$  por facilidad (n) y (L) se aplican tomando como

unidad una estación

$$y = \frac{3.00}{6^2} = 0.0833$$

cotas sobre la subrasante

con 3% cada 20 mts. sube 60 cms.

PCV	98.20
	<u>    60</u>
	98.80
	<u>    .60</u>
	99.40
	<u>    .60</u>
PIV	100.00
	<u>    .60</u>
	100.60
	<u>    .60</u>
	101.20
	<u>    .60</u>
A	101.80



	n	n <sup>2</sup>	cotas sobre la. sub-rasante	y	cotas curva
PCV	0	0	98.20	0	98.200
	1	2	98.80	0.083	98.717
	2	4	99.40	0.333	99.067
	3	9	100.00	0.750	99.250
	4	16	100.60	1.333	99.267
	5	25	101.20	2.083	99.117
PTV	6	36	101.80	2.999	98.801

## 7. TRAZO Y REFERENCIAS.

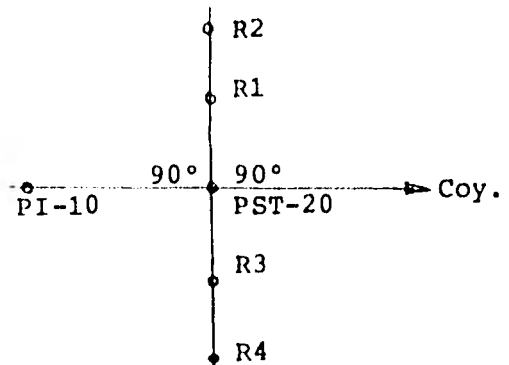
El trazo del cable San Angel - Coyoacán, se hizo preferentemente a 1.60 mts. de la guarnición escogida, eligiendo gasolineras y buscando una precisión de 1/10000, - partiendo de la salida a la superficie de los cables en la subestación Coyoacán al K 4 + 025.36 tomando también los - kilometrajes de los pozos de visita y registros intermedios.

También se tomaron las medidas de las sub-tangentes con la mayor exactitud posibles y los ángulos de las - deflexiones al minuto.

## REFERENCIAS

Al llevar a cabo el levantamiento en forma adecuada en todos los vértices de la poligonal definitiva (PI), - se fijaron referencias en las banquetas y en el arroyo para la relocalización posterior de los puntos de intersección, - pues el cambio frecuente de la vialidad metropolitana exige dichas referencias.

Est.	PV	Dist.	H
PST-20	PI-10		0.00
	R-1	10 m.	
	R-2	15 m.	
	R-3	12 m.	
	R-4	18 m.	



El trazo definitivo, implica desde luego, la localización de bancos de nivel para determinar las cotas, tanto del lomo del tubo, como del perfil superficial, para lo cual se localizó el banco de nivel más cercano de la Comisión Hidrológica del Valle de México, para posteriormente poder fijar los bancos de nivel locales. En la tabla No. 3 se da a conocer los bancos de nivel.

#### 8. PLANOS DEFINITIVOS.

Los planos definitivos que se entregaron a Ingeniería Eléctrica fueron:

- a) Planos de planta.
- b) Planos de perfil.
- c) Planos de conjunto.

A continuación se dan a conocer los datos que contienen cada uno de estos planos.

- a) Plano de planta.
  - 1.- Ruta del cable.
  - 2.- Planimetría.
  - 3.- Instalaciones Subterráneas.
  - 4.- Kilometrajes.
  - 5.- Símbolos convencionales.
  - 6.- Nomenclatura de calles.
  - 7.- Elementos de curvas.
- b) Plano de perfil.
  - 1.- Sección de corte longitudinal.
  - 2.- Kilometraje inicial y final.

## BANCOS DE NIVEL

BANCO DE NIVEL	ELEVACION	LOCALIZACION
1	2344.906	Sobre tornillo vía de transformadores S.E. San Angel.
2	2344.901	Sobre placa Ing. topográfica S.E. - San Angel.
1	2344.099	Sobre tornillo en pared S.E. San Angel.
2	2337.482	
3	2330.053	
4	2325.550	
5	2319.340	
6	2311.711	
7	2304.636	
8	2296.041	
9	2294.187	
10	2291.203	
11	2288.306	
12	2286.795	Calle M. Ocaranza y Calle J. Tinoco.
13	2288.700	Calle M. Ocaranza y Calle Alcomedo
14	2284.389	Sobre tornillo arbortante Periférico
15	2283.421	
16	2279.676	Avenida Revolución.
17	2274.756	
18	2271.486	
19	2268.001	
20	2265.942	
21	2262.600	Avenida Insurgentes.
22	2260.963	
23	2259.724	
24	2259.541	
25	2256.397	
26	2255.208	
27	2254.460	
28	2253.737	Avenida Río Churubusco.
29	2252.650	
30	2252.159	Coyoacán.
31	2251.392	
32	2251.069	Subestación Coyoacán.

Tabla No. 3

- 3.- Nomenclatura de calles.
- 4.- Cruzamientos.
- 5.- Perfil superficial.

c) Plano de conjunto.

- 1.- Ruta del cable.
- 2.- Kilometraje inicial y final.
- 3.- Localización de pozos.
- 4.- Planos relacionados.
- 5.- Sección de la trinchera.
- 6.- Corte transversal de un conductor.

9. SIMBOLOS.

Los símbolos usados por norma para la elaboración de los planos, se dan a conocer en la tabla No. 4.

10. ASPECTOS LEGALES.

Todos los aspectos legales inherentes a estos trabajos, fueron subsanados por el Departamento Jurídico de Cía. de Luz y Fuerza del Centro ( en liquidación).

Con los planos de la ruta definitiva aprobada, el gestor se dedicó a conseguir los permisos correspondientes - en el Departamento del Distrito Federal, de acuerdo a las - normas vigentes del código de instalaciones eléctricas subte<sub>rr</sub>ráneas.

### SIMBOLOS CONVENCIONALES:

- ⊗ Alcantarilla drenaje
- ⊙ Arbol.
- ⊙ Arbotante.
- ⊙ Coladera de aguas pluviales.
- f Diametro.
- ⊙ Mula.
- △ Poste de acero.
- ⊙ Poste de acero con transformador.
- Poste de Concreto.
- Poste de Madera.
- ⊙ Registro de agua potable.
- ⊙ Registro de alumbrado publico.
- ⊙ Registro LYF.
- ⊙ Registro Pemex.
- ⊙ Registro Telefonos
- ⊙ Registro de Transformadores.
- ↑ Rellenida.
- | Sección transversal tubo
- ∨ Termopor.

TABLA 4

## 11. EJECUCION DEL PROYECTO.

Cumplidos todos los requisitos de el proyecto y con los planos definitivos, previamente supervisados por Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Topográfica, se enviaron a la Gerencia de Construcción quien realizó los trabajos correspondientes a la construcción del cable.

En lo que concierne al departamento de Ingeniería Topográfica, su misión principal fué tomar todos los cruzamientos de diferente índole conforme se fué abriendo la cepa, relacionándolos adecuadamente para la elaboración del perfil del lomo del tubo, pues en los planos finales deben quedar los registros de todos los accidentes en cuestión, además el kilometraje exacto del desarrollo del cable, ya que lógicamente nunca será la misma distancia que la tomada horizontalmente. La longitud total del cable fué de 4 025.32 mts.

Se efectuó una medición de todos y cada uno de los tubos, para determinar el kilometraje de los mismos. Relacionando estos kilometrajes, se utilizaron las tres coordenadas clásicas para efectos de dibujo, indicando así mismo, la localización de termopares, puentes, empalmes, empalmes de hilo piloto etc., que complementan las instalaciones propiamente dichas.

Fuó necesario tomar preferentemente en el campo todos los datos en cuestión para dibujar el perfil, pudiéndose verificar en el terreno todos y cada uno de los datos concernientes.

POLIGONAL DE APROYO PARA TRAZO DEL CABLE 230 KV

LADO	DISTANCIA	AZIMUT	PROYECCIONES SIN COMPENSAR				EJE Y	EJE X
			N	S	E	W		
10 - 11	102.610	95-11-10.00		-9.275	102.190	0.013	-0.00	
11 - 12	32.000	87-41-45.00	1.287		31.976	0.004	-0.00	
12 - 13	50.240	83-25-50.00	5.748		49.910	0.006	-0.00	
13 - 14	49.010	82-48-55.00	6.130		48.635	0.006	-0.00	
14 - 15	49.070	81-56-00.00	6.884		48.584	0.006	-0.00	
15 - 16	76.640	77-26-50.00	16.673		74.804	0.009	-0.00	
16 - 17	56.460	4-55-10.00	56.257		4.842	0.007	-0.00	
17 - 18	56.900	7-26-45.00	56.420		7.377	0.007	-0.00	
18 - 19	49.690	93-34-35.00		-3.100	49.593	0.006	-0.00	
19 - 20	58.510	95-29-55.00		-5.607	58.241	0.007	-0.00	
20 - 21	39.980	99-17-45.00		-6.458	39.455	0.005	-0.00	
21 - 22	71.480	99-5-35.00		-11.297	70.580	0.009	-0.00	
22 - 23	119.080	95-59-25.00		-12.477	118.430	0.015	-0.00	
23 - 24	120.860	95-45-00.00		-12.105	120.252	0.015	-0.00	
24 - 25	119.360	96-27-35.00		-13.429	118.602	0.015	-0.00	
25 - 26	127.990	97-8-55.00		-15.927	126.995	0.016	-0.00	
26 - 27	67.300	99-56-15.00		-11.614	66.290	0.008	-0.00	
27 - 28	103.850	108-37-35.00		-33.165	98.410	0.013	-0.00	
28 - 29	126.180	109-7-55.00		-41.355	119.211	0.015	-0.00	
29 - 30	89.320	107-25-15.00		-20.754	66.140	0.008	-0.00	
30 - 31	91.320	105-32-20.00		-24.464	87.982	0.011	-0.00	
31 - 32	54.080	106-26-25.00		-15.305	51.869	0.007	-0.00	
32 - 33	123.970	107-53-00.00		-38.069	117.980	0.015	-0.00	
33 - 34	45.000	124-53-35.00		-25.742	36.510	0.006	-0.00	
34 - 52	90.090	236-49-10.00		-49.304		-75.401	0.011	-0.00
52 - 53	203.900	262-39-15.00		-26.070		-202.226	0.025	-0.01
53 - 54	223.060	242-11-20.00		-104.070		-197.294	0.027	-0.01
54 - 55	204.880	269-5-55.00		-7.283		-204.855	0.025	-0.01
55 - 56	173.620	293-23-00.00	68.904			-159.361	0.021	-0.00
56 - 57	119.620	304-17-50.00	67.411			-98.877	0.015	-0.00
57 - 58	138.640	273-10-40.00	7.685			-138.427	0.017	-0.00
58 - 59	185.020	282-48-45.00	36.682			-161.301	0.020	-0.00
59 - 60	254.220	285-15-50.00	66.927			-245.252	0.031	-0.01
60 - 61	254.180	273-26-55.00	15.410			-255.716	0.031	-0.01
61 - 62	70.740	7-21-00.00	70.154		9.050		0.009	-0.00
62 - 10	14.230	87-22-50.00	0.857		14.215		0.002	-0.00

PROYECCIONES COMPENSADAS				COORDENADAS	
N	S	E	W	Y	X
	-9.283	102.195		4939.150	6138.750
1.283		31.976		4929.862	6240.945
5.748		49.512		4931.145	6270.521
6.174		48.628		4936.887	6322.834
6.880		48.587		4943.010	6371.462
16.664		74.808		4949.890	6420.049
56.245		4.842		4966.554	6494.857
56.413		7.377		5022.799	6499.702
	-3.100	49.593		5029.212	6502.072
	-5.614	58.244		5076.106	6556.674
	-11.305	70.580		5070.093	6610.801
				5064.030	6654.375



PARA TRAZO DEL CABLE 230 KV SAN ANGEL GOYOGACAN

PROYECCIONES SIN COMPENSAR

N	S	E	W	EJE Y	EJE X
	-9.275	102.190		0.013	-0.005
287		31.574		0.004	-0.002
748		49.910		0.006	-0.003
130		48.625		0.006	-0.003
386		48.584		0.006	-0.003
673		74.804		0.009	-0.004
252		4.042		0.007	-0.003
430		7.374		0.007	-0.003
	-3.100	49.593		0.006	-0.003
	-5.607	58.241		0.007	-0.003
	-6.458	39.455		0.005	-0.002
	-11.297	70.582		0.009	-0.004
	-12.427	118.430		0.015	-0.006
	-12.105	120.252		0.015	-0.006
	-13.429	118.602		0.015	-0.006
	-15.927	126.995		0.016	-0.007
	-11.614	66.290		0.008	-0.004
	-33.169	98.410		0.013	-0.005
	-41.355	119.211		0.015	-0.007
	-20.754	66.140		0.008	-0.004
	-24.464	87.982		0.011	-0.005
	-15.305	51.869		0.007	-0.003
	-38.069	117.980		0.015	-0.007
	-25.742	36.910		0.006	-0.002
	-49.304		-75.401	0.011	-0.005
	-26.070		-202.226	0.025	-0.011
	-104.070		-197.294	0.027	-0.012
	-3.223		-204.855	0.025	-0.011
06			-159.361	0.021	-0.009
11			-98.877	0.015	-0.006
85			-138.427	0.017	-0.007
84			-161.301	0.020	-0.009
27			-245.252	0.031	-0.013
10			-255.716	0.031	-0.014
59		9.050		0.009	-0.004
53		14.215		0.002	-0.001

COORDENADAS

Y	X
4939.150	6138.750
4929.862	6240.945
4931.145	6222.921
4936.887	6322.834
4943.010	6371.462
4949.890	6420.049
4966.554	6494.857
5022.799	6499.702
5079.212	6507.079
5076.106	6556.674
5064.030	6654.375

DISTRAC

	-12.442	118.436		5052.724	6724.961
	-12.124	120.258		5040.283	6843.397
	-15.943	127.002		5014.716	7082.264
2	-11.622	66.294		4998.773	7209.266
3	-33.182	98.416		4987.150	7275.559
4	-41.370	119.217		4953.968	7323.975
5	-20.762	66.144		4912.598	7493.193
6	-24.475	67.987		4891.836	7559.337
7	-15.312	51.872		4867.361	7647.324
8	-38.084	117.987		4852.049	7699.195
9	-25.748	36.912		4813.965	7817.182
10	-49.315		-75.396	4788.217	7854.095
11	-26.095		-207.216	4738.902	7778.699
12	-104.098		-127.283	4712.807	7576.483
13	-3.248		-204.844	4608.709	7379.200
14	68.885		-159.351	4605.460	7174.356
15	67.396		-98.871	4674.346	7015.005
16	7.668		-138.420	4741.742	6916.134
17	36.663		-161.292	4749.410	6777.714
18	66.896		-245.238	4786.074	6616.422
19	15.379		-255.703	4852.970	6371.183
20	70.150	9.054		4868.348	6115.481
21	0.652	14.216		4938.498	6124.534

ERROR EN X -0.199      ERROR EN Y 0.463

PRECISION=1: 7492

AREA= 402459.02M<sup>2</sup>

CAPITULO III

## CONSTRUCCION.

Para la construcción del cable fué necesario hacer trincheras para alojarlo, estas trincheras son de 1.40 X 1.30 mts. aproximadamente y fueron hechas con patas mecánicas a lo largo de la ruta del cable.

Estas trincheras llevan una cama inferior de arena térmica compactada de aproximadamente 20 cms. sobre ella se colocaron los 2 tubos tapándolos con otra capa de arena térmica, esta arena nos sirve para disipar calor ya que el tubo se calienta al estar en servicio el cable y es necesario usar un medio que le permita enfriarse, esta arena fué traída de los bancos de Amecameca.

Después de la segunda cama de arena se coloca una capa de aproximadamente 40 cms. de arena cribada, posteriormente una de 40 cms. de grava cementada.

Fué necesario también, construir cuatro pozos de visita que están colocados sobre la ruta del cable y nos sirven para empalmar los tramos de éste que serán colocados de pozo a pozo. Estos pozos tienen una dimensión interior de 3.0 X 2.0 X 6.0 mts. Su localización se muestra en la siguiente tabla.

P1 - 0 + 830.00

P2 - 1 + 670.00

P3 - 2 + 525.00

P4 - 3 + 382.00

Además de los pozos de visita se construyeron registros, éstos son unos pozos pequeños donde están alojadas las-

salidas de los termopares que servirán para poder llevar un control de la temperatura del cable ya en servicio, así como en la prueba de temperatura que hizo el laboratorio para ponerlo en servicio.

Durante la construcción del cable fué necesario - llevar el control de la colocación y de la compactación de la arena térmica, con pruebas de resistividad térmica efectuadas por el laboratorio a lo largo de la trinchera.

El control de las soldaduras, también fué llevado a cabo en todas y cada una de ellas, para evitar poros o - grietas; este control se llevó a cabo por medio de radiografías.

Posteriormente a la colocación de los tubos, se - procedió a tapar éstos con las capas mencionadas anterior-- mente, posteriormente se procedió a la colocación del cable éste fué jalado de pozo a pozo en tramos ya cortados con anterioridad, este jalón se hizo con un malacate colocado en la calle y sobre la ruta del cable.

Después de colocar el cable se llenó de aceite y - se le inyectó presión con nitrógeno, después de asegurarse - de que no había fugas, se citó al departamento de Laboratorio para empezar a efectuar las diferentes pruebas de aceptación a las que nos referiremos posteriormente.

COMPROBACION DE LOS PARAMETROS DEL CABLE  
TERMINADA LA INSTALACION

La comprobación de estos parámetros es muy importante para conocer en forma práctica lo garantizado por los diferentes fabricantes, por esto el departamento de Laboratorio realiza básicamente las siguientes pruebas:

- 1.- PRUEBAS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.
- 2.- PRUEBAS DE ALTA TENSION.
- 3.- PRUEBAS DE TEMPERATURA.

### 1. Prueba de Resistencia de Aislamiento.

Esta prueba tiene la finalidad de comprobar la integridad del aislamiento de cada uno de los conductores, antes de aplicarles potencial.

Para la medición de la resistencia de aislamiento de los conductores, se aplicaron 2500 Volts por medio de un Megger durante un minuto y teniendo una temperatura de 22°C, se obtuvieron los valores siguientes:

CIRCUITO	FASE PROBADA	FASE CONECTADA A TIERRA.	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN MOHM
I	A	B y C	1 100
I	B	A y C	1 000
I	C	A y B	1 000
II	A	B y C	1 100
II	B	A y C	900
II	C	A y B	700

### 2. Prueba de Alta tensión.

Esta prueba consiste en someter al aislamiento de los conductores a una tensión eléctrica mayor que la correspondiente a su tensión nominal de operación, con la finalidad de detectar algún posible error cometido durante la fabricación, transporte o instalación del cable.

Las normas de C. L. y F. C. recomiendan que esta prueba se haga de acuerdo con las indicaciones de las normas "A E I C" (Association of Edison illuminating Companies), bajo el título "Especificaciones para cables aislados con papel impregnado de tipo tubo a alta presión."

Las especificaciones "A. E. I. C. " en su parte de hacer pruebas después de la instalación dice que el -- comprador puede hacer después de la instalación y antes -- de que el cable sea puesto en servicio una prueba de alto voltaje (prueba de aceptación de la instalación) trabajando a presión nominal en cualquiera de las siguientes -- opciones:

a). Aplicar 190 volts ( C. A. ) por milésima-de espesor de aislamiento durante 4 horas consecutivas. Esto representaría que para las 760 milésimas de aislamiento el voltaje de prueba sería de: 144,400 volts -- (C. A. ), 4 horas.

b). Aplicar 255 volts ( C. A. ) por milésima-de espesor de aislamiento durante 15 minutos. Esto sería un voltaje de prueba de 193,800 volts ( C. A. ), 15 minutos.

Indica también que cualquiera de estas pruebas se puede hacer con potencial directo en lugar de potencial alterno, siendo para este caso de 2.4 veces mayor -- el voltaje directo que el alterno, pero para el caso en -- el que también se prueben accesorios esta relación será -- de 2.2 y para nuestro caso, utilizaremos esta última, -- quedando las opciones de la siguiente manera:

a). Voltaje de prueba:  
317 KV ( C. D. ), 4 horas

b). Voltaje de prueba:  
426 KV ( C. D. ), 15 minutos.

La prueba consistió básicamente en aplicar el-voltaje a cada una de las fases de ambos circuitos -- teniendo conectado a tierra el resto del sistema. Se escogió la opción de aplicar 426 KV ( C. D. ), durante 15 minutos, pero por limitaciones del equipo se trató de aplicar el voltaje más cercano al de prueba, quedando de la-siguiente manera:



CIRCUITO	FASE PROBADA	FASES CONECTADAS A TIERRA	VOLTAJE APLICADO EN KV DURANTE 15 MINUTOS.
I	A	B y C	372
I	B	A y C	369
I	C	A y B	372
II	A	B y C	336
II	B	A y C	336
II	C	A y B	336

### 3. Prueba de Temperatura

Esta prueba se realiza con el fin de comprobar que todas las partes que intervienen en la instalación como son: empalmes, terminales, etc. tengan un funcionamiento adecuado y también poder determinar la ampacidad garantizada y la correlación entre la temperatura de la tubería y el conductor.

La prueba consiste básicamente en hacer circular la corriente nominal de operación a los conductores, midiendo simultáneamente las temperaturas del conductor y de la tubería para conocer sus temperaturas de estabilización y posiblemente evitar que rebasen la temperatura máxima permitida.

#### DESARROLLO DE LA PRUEBA

Las principales actividades durante la prueba se pueden clasificar en:

Actividades en Caseta.

Actividades en Campo.

#### ACTIVIDADES EN CASETA.

El personal de caseta está encargado de ajustar - por medio de los taps en el transformador o por los reguladores hasta lograr hacer circular la corriente nominal, tomando simultáneamente lecturas de la corriente, voltaje y potencia en la entrada del cable, durante toda la prueba.

Empezada la prueba, cada hora, se realiza un corte de energía ( abriendo interruptor ) y se hacen mediciones de la resistencia del conductor por medio del puente de Kelvin y aplicando corriente directa por el método del vóltmetro y ampérmetro. Por medio de éstos valores de resistencia se calcula la temperatura del conductor y cuando esta logra estabilizarse, las lecturas de resistencia (por lo tanto temperatura ) se hacen a intervalos de cuatro horas.

También estan encargados de analizar y graficar - el comportamiento térmico de la tubería por medio de las lecturas hechas en los termopares a lo largo de la ruta, - estas lecturas son proporcionadas por el personal de campo.

Durante la prueba; todo el personal debe saber y estar alerta de que el conductor no debe rebasar los 85°C y la tubería 60°C en cualquier punto a lo largo de la ruta, - si esto sucediera se parará la prueba de inmediato, y se analizarán las posibles causas del calentamiento.

#### ACTIVIDADES EN CAMPO.

El personal de campo está dividido en dos grupos o cuadrillas los cuales tienen como actividad principal, re correr la ruta del cable y en cada uno de los termopares -- que se encuentran a lo largo de la misma, hacer mediciones de temperatura. Estas mediciones se hacen por medio de potenciómetro de punta fría y/o potenciómetro de lectura directa, durante la medición deben anotar: temperatura (°C), - hora, circuito y localización del termopar.

Si en algún termopar se encontrara una temperatura cercana a los  $60^{\circ}$  C, debe avisarse inmediatamente al personal de caseta con el fin de observar el comportamiento de este termopar a lo largo de la prueba y decidir si se continúa o se detiene la misma.

## EVALUACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Podemos resumir que los valores de las pruebas - realizadas a los diferentes elementos que forman el conjunto del cable antes de su instalación, fueron satisfactorias en su mayoría.

Las pruebas en campo durante la instalación fueron en su totalidad realizadas por personal calificado de - de la Cía. de Luz y Fuerza del Centro y de los respectivos fabricantes y en algunas ocasiones hubo necesidad de realizar nuevamente el compactado de la arena térmica, encintado de la tubería, repetir aquellas soldadura que hayan sido rechazadas, reacondicionar el aceite, limpiar tramos de tubería etc., todo esto es con la finalidad de obtener resultados satisfactorios y así lograr un mejor funcionamiento y - mayor confiabilidad de la instalación en cada una de sus partes.

Las pruebas terminada la instalación, son las más representativas, ya que en éstas se determinan los valores reales de operación del cable como un conjunto.

Dos de las pruebas realizadas terminada la instalación: resistencia de aislamiento y alta tensión, son indicativas de las condiciones en las que se encuentra el cable y por medio de éstas se puede verificar que durante el proceso de instalación de los cables, empalmes y terminales no se haya sufrido algún daño o error de mano de obra.

El valor de la resistencia de aislamiento, es muy importante, puesto que este valor es el inicial y sirve como antecedente o referencia para cualquier prueba posterior de mantenimiento o investigación.

La prueba de temperatura se realiza con la finalidad de conocer:

- a) La Temperatura de Estabilización del cobre - trabajando a su capacidad Nominal.

Podemos observar el comportamiento térmico del -

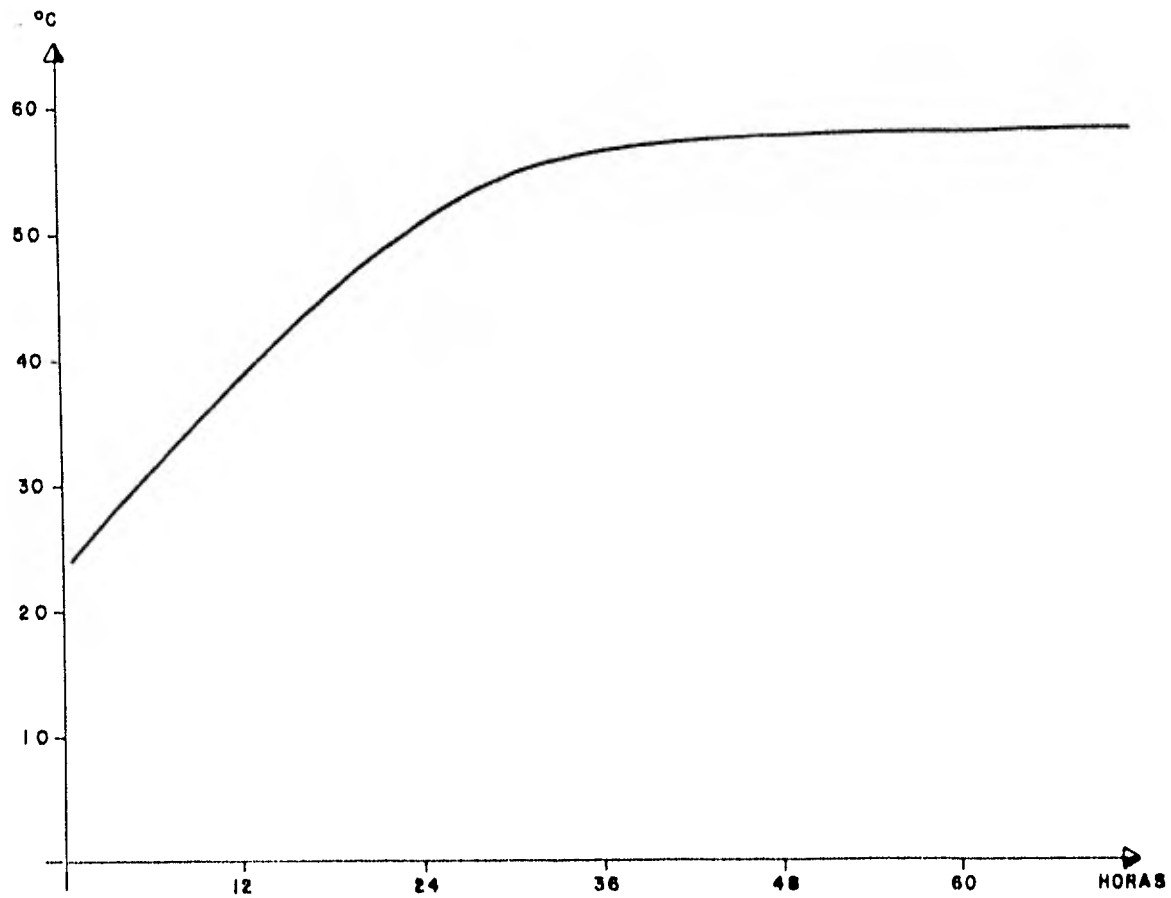
conductor durante la prueba de temperatura en la Gráfica - III-1, siendo la temperatura promedio de 59°C a la cual el cobre alcanzó su estabilidad.

De acuerdo con las especificaciones A E I C, la temperatura máxima de operación de un cable que trabaja a una tensión de 230 KV entre fases, es de 85°C y en el resultado obtenido en nuestra prueba, el cable únicamente alcanzó 59°C, existen 26°C de tolerancia, significando que se podría aplicar más corriente de la que está indicada como nominal.

- b) Localización de posibles puntos calientes a lo largo de la Ruta.

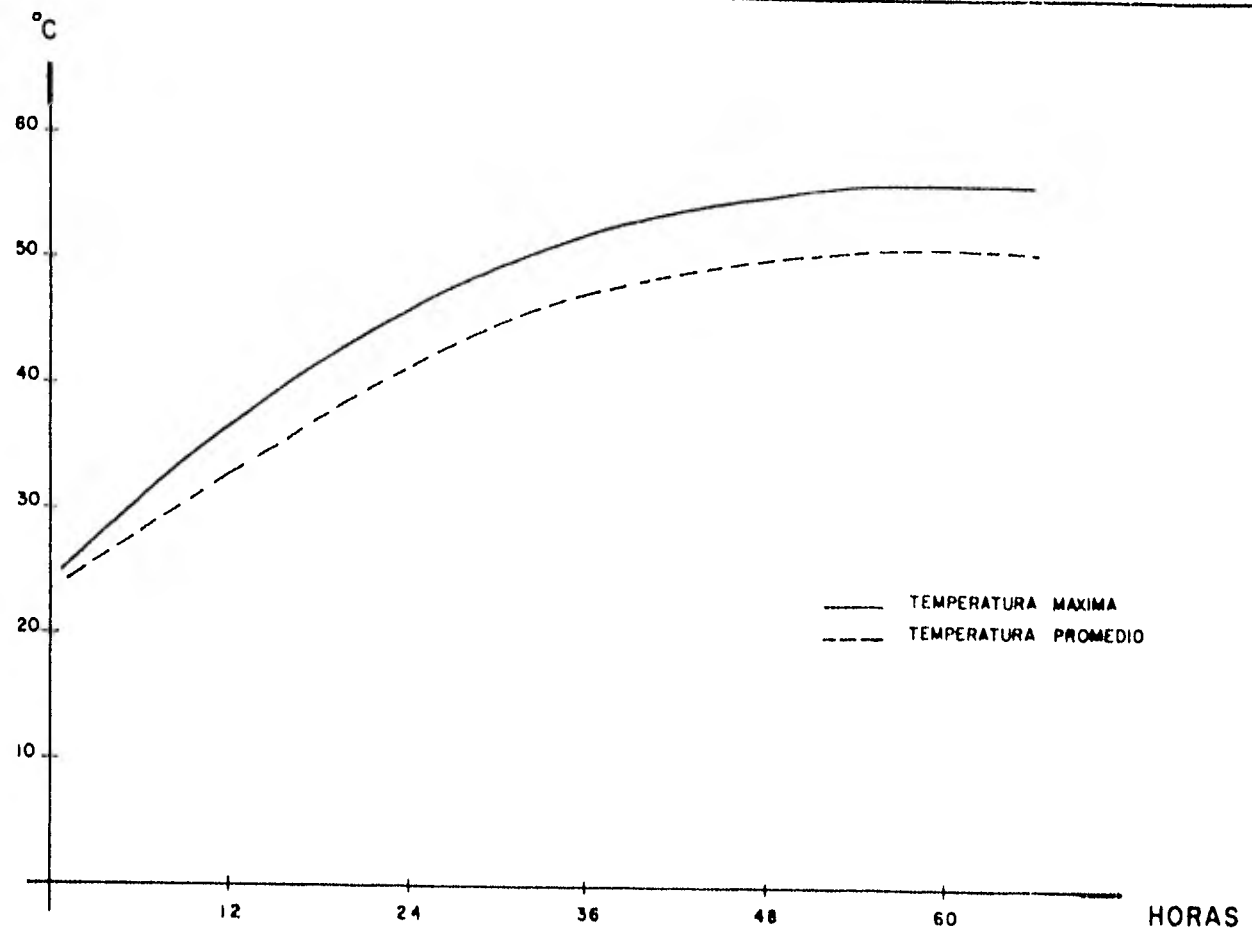
En la Gráfica III-2 que corresponde al comportamiento de la tubería durante la prueba de temperatura, se observa que a lo largo de toda la prueba, existió un punto el cual su temperatura siempre fué mayor que en el resto de los termopares, este punto caliente corresponde al cruce del cable con el río Tlalnepantla, el cual se hizo dejando ambas tuberías a la intemperie.

Sabiendo que el aire es el elemento que tiene la resistividad térmica más alta (4000°Ccm/watt), se recomendó que las tuberías se encajonaran por medio de concreto y arena térmica compactada y de esta manera se disminuyó considerablemente la resistividad térmica y también se proporcionó protección mecánica extra en las tuberías.



GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO PROMEDIO DEL CONDUCTOR DURANTE LA PRUEBA DE TEMPERATURA DEL CABLE

GRAFICA III-1



GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA TUBERIA DURANTE LA PRUEBA DE TEMPERATURA DEL CABLE

GRAFICA III - 2

CAPITULO IV



## ANALISIS ECONOMICO.

El análisis económico consiste normalmente en comparar las ofertas recibidas por los fabricantes que cumplan satisfactoriamente con las especificaciones técnicas establecidas, y a su vez el más económico.

Ya que en México sólo existe un fabricante de cables subterráneos de potencia y debido a que importarlo incrementaría considerablemente los costos, en este análisis económico únicamente se desglosarán los costos de materiales y mano de obra que se tenían en el año de 1971, de la siguiente manera:

## I.- MATERIALES:

I.1 Cable, equipos y accesorios.

I.2 Material electromecánico.

I.3 Material civil.

## 2.- MANO DE OBRA:

2.1 Mano de obra electromecánica.

2.2 Mano de obra civil.

2.3 Proyecto, supervisión y pruebas.

## I.- MATERIALES.

## I.1 CABLE, EQUIPO Y ACCESORIOS.

ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE TOTAL
Cable de cobre suave segmental, calibre - 1 X 1500 MCM, con aislamiento de papel impregnado para 230 KV tipo alta presión de aceite en tubería.	26,400	m	14,784,000.00

ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE TOTAL \$
Materiales diversos - para entrenamiento, - incluyendo 50 m de ca ble y material para - tres terminales sin - porcelanas, tres em-- palmes, monofásicos - sin camisas y sin bri das.	1	Lote	102,400.00
Terminales unipolares para 230 KV tipo ATA- 160 NC.	12	pzas.	1,095,120.00
Empalmes trifásicos - tipo 2 Voltalit sin - camisas y sin bridas.	10	pzas.	636,150.00
Materiales para medi- ción de la temperatu- ra en el cable.	1	lote	68,400.00
Cable de hilo piloto armado de 16 pares, ca libre 16 AWG.	9,400	m	1,181,580.00
Alquiler de un malaca te de tracción, monta do sobre remolques pa ra el jalado del ca-- ble dentro de las tu- berías.	1		90,000.00
Alquiler de equipos, herramientas y acceso rios para la instala- ción del cable.	1	lote	51,500.00

El siguiente equipo fué fabricado por la Gerencia de Construcción de C.L. y F.C. :

ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD
Tanque doble de acero para almacenamiento - del aceite con capacidad de 12,000 lts. cada compartimiento.	2	pzas.
Trifurcadores con ensamble terminal y tubos ascendentes de acero inoxidable.	4	pzas.
Equipo para protección catódica.	4	pzas.
Estaciones de bombeo - para el control de oscilación de aceites.	4	pzas.

El equipo fabricado por la Gerencia de Construcción tuvo un costo de \$ 1,113,400.00

COSTO TOTAL DEL CABLE, EQUIPOS Y ACCESORIOS \$ 24,229,770.00  
M.N.

#### I.2 MATERIAL ELECTROMECHANICO

Material para instalación de termopares .....	35,000.00
Radiografías .....	100,000.00
Nitrógeno Extraseco .....	360,000.00
Material Abrasivo, soldadura, etc. ....	49,000.00
Material para empalmes de hilo piloto .....	40,000.00

ARTICULO	CANTIDAD	UNIDAD	IMPORTE TOTAL
Cable igual al anterior pero con protección de forro de plomo removible en un carrete adecuado. Este cable es para mantenimiento.	150	m	107,400.00
Carretes metálicos - para transportar el cable.	36	pzas.	252,000.00
Tubería de acero de 219 mm (8.5/8") de diámetro exterior.	8,800	m	2,992,000.00
Anillos de respaldo para la soldadura de la tubería de acero.	315	pzas.	5,670.00
Bocinas para soldar en el terreno.	10	pzas.	4,850.00
Mangas para cubrir la soldadura en las uniones de los tubos.	400	pzas.	78,400.00
Aceite SUN No. 6 llenado del sistema y lubricación en el tendido de los cables.	209,000	litros	919,600.00
Desgasificado del aceite.	209,000	litros	689,700.00
Tubo de acero de 50.8 mm (2") de diámetro exterior recubierto exteriormente con "X TRU-COAT".	600	m	57,600.00

Material miscelaneo para la instalación de las consolas y protección catódica. ....	28,000.00
Cinta para tubo .....	47,000.00
Estopa, madera, cables, lubricantes, etc.....	56,000.00
Guantes, uniformes, botas, etc.....	29,000.00
10% imprevistos .....	<u>74,400.00</u>
TOTAL:	818,400.00

COSTO TOTAL DEL MATERIAL ELECTROMECHANICO...\$ 818,400.00 M.N.

### I.3 MATERIAL CIVIL

Pavimentación sobre excavación .....	984,600.00
Material para la construcción de 6 pozos dobles para los empalmes .....	114,900.00
Material para la construcción de 12 bases para las terminales	82,600.00
Material para la construcción de 2 bases para los tanques de aceite .....	9,800.00
Material para la construcción de 4 bases para las consolas de bombeo.....	11,600.00
Material para la construcción de 25 registros para los termopares y puentes ....	19,000.00
Arena térmica .....	565,000.00
Guantes, uniformes, botas, etc. ....	32,000.00
Madera, refacciones, herramientas, etc. ....	75,000.00
Material miscelaneo, grava, cemento, etc. ..	67,500.00
10% Imprevistos .....	<u>196,200.00</u>
TOTAL:	\$2,158,200.00

COSTO TOTAL DEL MATERIAL CIVIL ..... \$ 2,158,200.00 M.N.

2.- MANO DE OBRA

2.1 MANO DE OBRA ELECTROMECHANICA

Administración y supervisión local ....	1,547,500.00
Maniobra de carga y descarga .....	53,400.00
Instalaciones provisionales .....	43,700.00
Doblado, ratoneado y alineado tubería..	63,700.00
Aislamiento y tendido de hilo piloto...	37,200.00
Soldaduras en las tuberías .....	186,200.00
Instalación de trifurcadores y tubos - ascendentes .....	30,400.00
Fabricación de herrajes para pozos.....	11,600.00
Prueba de presión .....	16,000.00
Jalado de cable .....	70,200.00
Empalmes de hilo piloto .....	26,400.00
Pruebas de vacío .....	65,200.00
Llenado de aceite .....	23,900.00
Empalmes y terminales del cable de poten cia.....	301,200.00
Instalación de tanques y consolas.....	26,200.00
Pruebas y ajustes a las consolas.....	8,000.00
Pruebas finales, operación y entrega ....	53,200.00
Tiempo Extra 25% .....	641,000.00

Administración Central 20% .....	512,800.00
Festivos, permisos, imprevistos 5%.....	128,000.00
TOTAL	<u>3,846,000.00</u>

COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA  
ELECTROMECHANICA. \$ 3,846,000.00 M.N.

## 2.2 MANO DE OBRA CIVIL

Excavación de trincheras y pavimentación.	2,105,400.00
Construcción de 6 pozos dobles para empalmes.....	83,500.00
Construcción de 12 bases para soporte de las terminales en las subestaciones.....	69,000.00
Construcción de 4 bases para las consolas de bombeo.....	6,800.00
Construcción de 2 bases para los tanques de almacenamiento de aceite .....	7,800.00
Construcción de 25 registros para termopares .....	13,500.00
Tiempo extra 25% .....	571,500.00
Administración Central 20% .....	457,200.00
Festivos, permisos e imprevistos 5%.....	114,300.00
TOTAL	<u>3,429,000.00</u>

COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA CIVIL.....\$ 3,429,000.00 M.N.

## 2.3 PROYECTO, SUPERVISION Y PRUEBAS

En este caso, aparte de la supervisión del personal de CLFC, se contó también con la supervisión del personal de los fabricantes.

## SUPERVISION TECNICA:

Personal de CLFC .....	372,700.00
Personal de los fabricantes .....	317,800.00
TOTAL	<u>690,500.00</u>

El proyecto de los cables se efectuó en la Gerencia de Planeación e Ingeniería de la CLFC e intervinieron - los Departamentos siguientes:

Ingeniería Civil y Topografía .....	80,000.00
Ingeniería Mecánica .....	130,000.00
Ingeniería Eléctrica .....	<u>140,000.00</u>
TOTAL	350,000.00

Las pruebas efectuadas a los cables, las realizó personal del Laboratorio de CLFC, perteneciente también a - la Gerencia de Planeación e Ingeniería. El costo de todas las pruebas fué el siguiente:

Pruebas de la instalación .....	145,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO, SUPERVISION Y PRUEBAS.....	\$ 1,185,500.00 M.N.

RESUMEN DE LOS COSTOS TOTALES ORIGINADOS POR MATERIAL Y MANO DE OBRA DE LA INSTALACION DEL CABLE - "CEYLAN-VALLEJO".

CONCEPTO	COSTO TOTAL (\$)
I.- MATERIALES:	
I.1 Cable, equipo y accesorios.....	24,229,770.00
I.2 Material Electromecánico..	318,400.00
I.3 Material Civil .....	2,158,200.00



## 2.- MANO DE OBRA:

2.1	Mano de obra Electromecánica.....	3,846,000.00
2.2	Mano de obra civil.....	3,429,000.00
2.3	Proyecto, supervisión y pruebas.....	1,185,500.00
	TOTAL.	<u>41,105,870.00</u>

COSTO TOTAL DE LA INSTALACION .....\$ 41,105,870.00 M.N.

COSTO POR KILOMETRO.....\$ 10,276,468.00 M.N.

Esta cantidad representa el análisis desde el punto de vista costos, de todos los factores que intervinieron en la instalación, sin ser analizados los costos correspondientes a operación y mantenimiento así como la depreciación y amortización de la instalación.

## CONCLUSIONES.

La confiabilidad y continuidad del servicio, son los principales objetivos para los cuales se proyecta la ruta o trayectoria de un cable de transmisión, el cual aumenta de importancia de acuerdo a la tensión que conduce.

Se requiere para el trazo de estos cables, de ingenieros topógrafos con experiencia en estos trabajos, para llevar a cabo dicho trazo con la precisión adecuada y el costo más bajo posible, ya que es muy elevada la inversión en las líneas. El valor es del orden de - - - - - \$3,000,000.00 a \$3,500,000.00 por kilómetro para tensiones de 85 y 230 KV.

Para el estudio de la elección de la ruta de los cables de transmisión, participan ingenieros de varias especialidades, siendo de gran importancia el ingeniero electricista, ya que él conoce las características fundamentales de éstos.

Como observamos, la finalidad de este trabajo es comprobar la participación que tiene el ingeniero topógrafo en la construcción de este tipo de instalaciones que son de vital importancia para el desarrollo de nuestro país.

## BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Topografía General.  
Ing. Miguel Montes de Oca. 1968
- 2.- Instructivo para trabajos topográficos en  
cables subterráneos.  
Ing. Eduardo Nájera.
- 3.- Electrical Transmission and Distribution.  
Reference Book Westinghouse Electric Corpo-  
ration.
- 4.- Underground Systems .  
Reference Book Edison Electric Institute.
- 5.- Memorias Técnicas.  
Condumex, S.A. (1976 - 1977).