

14
2ej

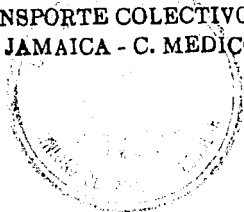


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ACATLAN”

PROYECTOS DE DESVIO DE LAS OBRAS
HIDRAULICAS PRIMARIAS, INDUCIDAS POR
EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
METRO L-9, TRAMO: JAMAICA - C. MEDICO



T E S I S

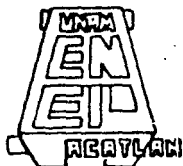
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N :

JOSE BENJAMIN LARIOS GOMEZ

FRANCISCO DE JESUS VILLAR GORDILLO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



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 está 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.

I N D I C E

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

I	ANTECEDENTES HISTORICOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.....	3
I	.1. Reseña histórica del Metro.....	3
I	.2. Importancia de las obras hidráulicas en el Proyecto del Metro.....	12
I	.2. a) Infraestructura hidráulica.....	12
I	.2. b) Relación entre la infraestructura hidráulica y el Proyecto Metro.....	13
I	.3. Experiencias relevantes en líneas anteriores.....	16
II	ESTUDIOS PRELIMINARES.....	20
II	.1. Factibilidad económica de la línea.....	20
II	.1. a) Asentamientos humanos.....	20
II	.1. b) Tipo de sección aplicada.....	21
II	.2. Proyecto Geométrico.....	27
II	.2. a) Trazo.....	27
II	.2. b) Perfil.....	35
II	.2. c) Galibos.....	39
II	.3. Levantamientos de instalaciones municipales.....	43
II	.3. a) Agua Potable.....	43
II	.3. b) Drenaje.....	45
III	TIPOS DE INTERFERENCIAS Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS GENERALES DE SOLUCION.....	49
III	.1. Tipos de interferencias.....	49
III	.1. a) Agua Potable.....	50
III	.1. b) Drenaje.....	55
III	.2. Descripción y evaluación de alternativas de solución para agua potable.....	60
III	.2. a) By Pass Convencional.....	61
III	.2. b) By Pass con Sifón.....	62
III	.2. c) By Pass con Sifón y Galería de Protección.....	62
III	.2. d) Sostenimiento.....	63
III	.2. e) Sustitución.....	63

III.2. f)	Descripción de alternativas de solución a interferencias longitudinales.....	68
III.2. g)	Selección y descripción de la alternativa definitiva.....	73
III.3.	Descripción y evaluación de alternativas de solución para drenaje.....	82
III.3. a)	Trazo en la misma vialidad.....	83
III.3. b)	Trazo en vialidad paralela.....	84
III.3. c)	Desvíos puntuales.....	88
III.3. d)	Selección y descripción de la alternativa definitiva.....	88
IV	PROYECTO DEFINITIVO DE AGUA POTABLE.....	96
IV .1.	Trazo geométrico.....	96
IV .2.	Piezas especiales y accesorios.....	99
IV .3.	Estructuras especiales.....	112
IV .4.	Procesos constructivos.....	128
IV .5.	Análisis hidráulico.....	140
V	PROYECTO DEFINITIVO DE DRENAJE.....	162
V .1.	Trazo geométrico.....	162
V .2.	Análisis hidráulico.....	165
V .3.	Estructuras especiales.....	179
V .4.	Procesos constructivos.....	186

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

LISTA DE PLANOS

INTRODUCCION

El notable crecimiento de población que ha presentado la Ciudad de México en los últimos años, ha provocado que el servicio de transporte resulte insuficiente. Esto se ve reflejado en los diferentes sistemas de transporte con que cuenta la ciudad, principalmente en el Sistema de Transporte Colectivo Metro, el cual se ha constituido como parte fundamental en el transporte urbano.

Ante tal situación resulta imprescindible ampliar la red del Sistema Metro construyendo nuevas líneas en forma continua, para tal efecto en el Plan Maestro del Metro se contempla la ampliación de la red existente a más de 20 líneas para el año 2010.

Para realizar la ampliación de la red mediante la construcción de una nueva línea, se deben elaborar diferentes proyectos, tanto para la construcción de la estructura del Metro como de las obras que induce su construcción.

Entre las obras inducidas se encuentran las del tipo hidráulico, que consisten en la reubicación de las instalaciones existentes que interfieren con la construcción del Metro.

En la construcción de la línea 9, se presentaron interferencias importantes con instalaciones hidráulicas primarias principalmente en su parte centro, en el tramo Jamaica- Centro Médico. En este tramo se presentaron 3 interferencias con tuberías primarias de agua potable de 1.22 y 0.91 mts. de diámetro, así como también la interferencia con el colector " 10" de 2.13 mts. de diámetro.

En el presente trabajo se expone la elaboración de los proyectos de desvío de las interferencias anteriores. En éste inicialmente se presenta una visión general de la importancia que estos proyectos tienen en la construcción del Metro, posteriormente se mencionan los estudios preliminares necesarios para definir las características de las interferencias, consecuentemente se presentan las alternativas posibles para la reubicación de las instalaciones afectadas así mismo la definición de las soluciones adoptadas, finalmente se presentan los proyectos definitivos de los desvíos.

I. ANTECEDENTES HISTORICOS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO.

I.1 RESEÑA HISTORICA DEL METRO.

Asentada en un valle, la ciudad de México es el centro poblacional, político, comercial e industrial más importante del país. Actualmente ocupa una superficie de 1,500 km², de los cuales 800 comprenden la zona urbana y en conjunto con su zona conurbana, está poblada por más de 18 millones de habitantes, cifra que supera a la población nacional del 80 % de los países del mundo. Esta área es la más densamente poblada del continente americano, con 10,600 habitantes por km². Estas cifras indican que el 24 % de la población de México se encuentra concentrada en menos de una milésima parte de su territorio.

De acuerdo a datos oficiales, el incremento en la población de esta ciudad es aproximadamente 600 mil personas por año, lo que, en consecuencia, agrava considerablemente los problemas de subsistencia, tales como habitación, educación, alimentación, agua potable y transporte.

En cuanto al transporte, en la década de los sesentas se advertían ya importantes problemas derivados principalmente de la magnitud de la población y de la demanda de este servicio, el cual se satisfacía deficientemente con base a un número inadecuado de taxis, autobuses y tranvías operando anárquicamente. Esto dio lugar a un incremento desproporcionado en el número de vehículos particulares, lo que ha empeorado cada vez más la circulación vial.

La red vial de esta ciudad en 1965, estaba formada por una cantidad considerable de avenidas importantes y tres arterias de tránsito rápido: el Viaducto, el Periférico y la Calzada de Tlalpan, así como numerosos pasos a desnivel para la solución local de problemas viales. Aunque muchas de estas avenidas carecían y carecen de continuidad en uno de sus extremos, principalmente las que llegan al primer cuadro de la ciudad.

Las soluciones aplicadas a esta gran urbe, semejantes a las de otras grandes ciudades, principalmente encauzadas al tránsito de automóviles, demostraron:

En primer lugar, los viaductos y periféricos, no constituyen la solución en materia de transporte masivo, ya que sólo resuelven las necesidades de los propietarios de automóvil.

En segundo lugar, el aumento progresivo y sin planeación del número de autobuses y automotores en general, sólo conducen a agravar cada vez más los problemas de tránsito, las pérdidas de tiempo, los consumos y desgastes excesivos de las unidades, contribuyendo al mismo tiempo a incrementar el problema de la contaminación atmosférica y de una excesiva demanda de combustibles.

Ante estas consideraciones, resultaba evidente que la solución fundamental para el transporte masivo de pasajeros, no podía estar orientada hacia un núcleo central de la ciudad, sus principales zonas congestionadas, a base de sistemas de superficie.

Por este motivo se vió la conveniencia de construir un sistema rápido de transporte masivo en vía libre, conocido mundialmente como Ferrocarril Metropolitano o "Metro", para que constituyera la columna vertebral del transporte colectivo. Esto sucedió a partir del año de 1965, en que se iniciaron los primeros estudios para construir este sistema que es considerado como uno de los más eficientes y seguros.

Generalmente, una red de transporte colectivo Metro se inicia con dos líneas, perpendiculares entre sí, y se desarrolla mediante la construcción de líneas paralelas para formar una cuadrícula que cubra progresivamente el área urbana.

Para llegar al trazo definitivo de las primeras líneas del Metro de la ciudad de México, se analizaron dos soluciones: la primera en cruz, con una línea Norte-Sur y otra Poniente-Oriente; la segunda en anillo, que cubría prácticamente todo el primer cuadro. Se concluyó que el trazo que brindaba mayores ventajas en cuanto al servicio era en anillo, ya que cubría la zona central con tres líneas en vez de dos; sin embargo, para su ejecución o construcción, había que superar varios obstáculos que se agrupaban fundamentalmente en tres rubros: el técnico, el económico y el financiero.

El primero de ellos aludía a los problemas que representaba el suelo de la ciudad para la construcción de todo tipo de estructuras desplantadas sobre él, ya que tiene una composición en la que el agua representa aproximadamente un 80 %, por lo que los mantos arcillosos que lo integran son fácilmente comprensibles y presentan propiedades sumamente desventajosas para la cimentación de cualquier construcción.

Estas características hacían imposible en casi todos los casos el empleo de túneles, sistema ampliamente utilizado en otras ciudades. Por lo que se optó por el sistema de cajón, modificado y mejorado para hacer frente a las peculiares características de nuestro suelo. La determinación del tipo de construcción se vió precedida de exhaustivos estudios como el análisis de los hundimientos del Valle de México, sus causas y efectos en las estructuras, su estabilidad y los principios de la cimentación compensada, además, se estudiaron y seleccionaron los tipos de vías y sus procedimientos constructivos.

El segundo, consideraba que el Metro requería de una tarifa que estaba sobre la capacidad económica del usuario. Esta afirmación se basaba en que las tarifas de operación de otras ciudades, en todos los casos resultaban mayores a las acostumbradas a nuestro medio.

El aspecto financiero, como consecuencia de los anteriores, resultaba también negativo, ya que para fijar una tarifa acorde a la capacidad de pago del usuario, se requería del subsidio gubernamental. Por otra parte, en caso de superar los problemas técnicos, la construcción habría alcanzado costos excesivos que hubieran requerido altos financiamientos, cuyas amortizaciones tendrían que haber sido cubiertas también por el Gobierno.

Analizando los aspectos anteriores parecía difícil que se realizaría la construcción del Metro en la Ciudad de México, pero dado el crecimiento de la ciudad resultó imprescindible su construcción sobreponiéndose a las adversidades, fue

en junio de 1967 cuando se iniciaron las obras de la primera etapa.

ETAPAS DE CONSTRUCCION DEL METRO.

PRIMERA ETAPA.

Después de iniciada la construcción de las primeras líneas del Metro en junio de 1967 y a poco más de dos años, el 5 de septiembre de 1969, entró en servicio el primer tramo de la línea 1, con una longitud de 12.7 km y 16 estaciones (Zaragoza-Chapultepec). En junio de 1972 se concluyó la etapa inicial que comprendía para entonces, tres líneas, 48 estaciones y una longitud de 41.50 km; la línea 1 une al Oriente de la ciudad con el Poniente a través del centro de la misma; la línea 2 va de Sur a Poniente pasando también por el centro; y el primer tramo de la línea 3 corre de Norte a Sur, sirviendo el área central.

Esta obra de gran magnitud no solo comprendió la construcción de las líneas, sino también la construcción de las edificaciones para el control de un sistema complejo y para asegurar la disponibilidad de los equipos con áreas de mantenimiento apropiadas.

En este aspecto, se realizaron obras como el Puesto Central de Control 1, Centro Neurológico del Metro, desde el cual se controla y supervisa la circulación de los trenes por medio de tableros de control óptico; este centro cubre la función de recepción y distribución de la energía eléctrica así como otras funciones. En cuanto al mantenimiento, se di-

señaron y construyeron los Talleres de Zaragoza y Tasqueña, que por su función y actividades se denominaron como de Mantenimiento Mayor y Menor, respectivamente.

SEGUNDA ETAPA.

Para 1976, la incipiente red del Metro llegó a la saturación en cuanto a la capacidad de transporte. Por tal motivo se volvió imprescindible continuar la obra con el fin de satisfacer la creciente demanda de transportación urbana.

La construcción de la segunda etapa, se inició en 1977 con la ampliación de la línea 3, de Tlatelolco a la Raza, inaugurada el 27 de abril de 1978. En diciembre de 1979, se inauguró otra ampliación de esta línea, con tres nuevas estaciones: Potrero, Basílica e Indios Verdes.

Posteriormente, en 1980, esta línea 3 contó con ampliaciones hacia el Sur hasta la estación Zapata, de tal manera que para ese entonces contaba con una longitud de 16.04 km y 16 estaciones.

En los años de 1981 y 1982 entran en servicio dos nuevas líneas: la línea 4, en la que se optó por la solución en viaducto elevado o construcción elevada, con más de 20.00 m de altura y una longitud de 10.74 km; y la línea 5, que combina las técnicas de construcción de cajón y línea superficial, alcanzando una longitud de 15.57 km y 12 estaciones.

En esta etapa de construcción, se realizaron 36.30 km y 31 estaciones, que sumadas con la primera etapa hicieron un total de 77.80 km de red y 79 estaciones.

TERCERA ETAPA.

En la tercera etapa se amplía nuevamente la línea 3 hacia el Sur de la ciudad, así como la línea 1 hacia el Oriente, la línea 2 al Poniente y la línea 5 al Norte, llegando el servicio hasta Ciudad Universitaria, Pantitlán, Toreo de Cuatro Caminos y Politécnico respectivamente.

También se inicia el servicio en las líneas 6 y 7 en sus primeros tramos. La línea 6 comunica al Oriente con el Poniente en la zona Norte de la ciudad, y la línea 7 va de Sur a Norte en el Poniente.

Con estas ampliaciones y nuevas líneas, la red del Metro alcanza una longitud de 110.20 km con 105 estaciones, de las cuales, 10 son de correspondencia.

CUARTA ETAPA.

En esta etapa, en julio de 1986, se inauguró el tramo complementario de la línea 6, con 4.70 km de longitud y 4 estaciones; en agosto de 1987, se puso en servicio el primer tramo de la línea 9 que une el Oriente con el Poniente en el lado Sur de la ciudad, con una longitud de 11.70 km y 9 estaciones, de las cuales 5 son subterráneas (Míxiuhca, Jamaica, Chabacano, Lázaro Cárdenas y Centro Médico), y en agosto de 1988 se inaugura la ampliación de esta línea con 3.60 km y 3 estaciones más, de tal manera de contar con 15.30 km y 12 estaciones en su totalidad. En noviembre de 1988 se pone en servicio el segundo tramo de la línea 7, de Tacuba a El Rosario. Con estas nuevas ampliaciones la red del Metro cuenta con 8 líneas, 125 estaciones y un recorrido de 140.90 km. (ver figura I.1).

Ante este crecimiento de la red surgió la necesidad de ampliar y crear nuevas instalaciones de control y mantenimiento, albergando en el Puesto Central de Control I, en la actualidad, los controles de las seis primeras líneas; mientras que las líneas 7 y 9 cuentan con un nuevo Puesto Central de Control que tiene la posibilidad de controlar otras líneas futuras previstas en el Plan Maestro.

Para el mantenimiento ya se cuentan con dos talleres más, uno de Mantenimiento Mayor (Ticomán), y otro de Mantenimiento Menor (El Rosario).

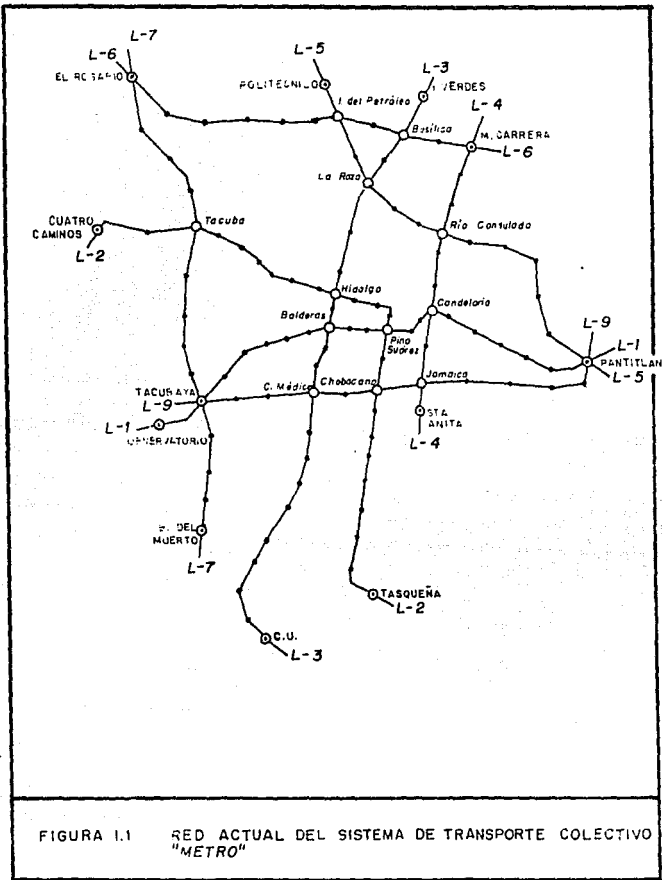


FIGURA 1.1 RED ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO "METRO"

1.2 IMPORTANCIA DE LAS OBRAS HIDRAULICAS EN EL PROYECTO DEL METRO.

El trazo del Metro, en cualquiera de sus soluciones, encuentra interferencias con las redes hidráulicas existentes que forman parte de la infraestructura de la ciudad.

1.2 A) INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.

En este aspecto quedan contenidas todas las instalaciones necesarias para satisfacer los servicios de abastecimiento de agua potable y drenaje de aguas pluviales y residuales de la ciudad.

AGUA POTABLE.

Actualmente la ciudad de México se abastece de agua potable a través de la extracción de agua subterránea de su propia cuenca, así como de la transferencia de caudales de otras cuencas, como la de Toluca-Iztlahuaca y la del río Cutzamala. Para su distribución a los usuarios, el Departamento del Distrito Federal, cuenta con tuberías en diámetros de 0.10, 0.15 y 0.30 m en la red secundaria; y 0.50, 0.91, 1.22 y 1.83 m en la red primaria, conformando con éstas, la red general de agua potable.

DRENAJE.

La red de drenaje de la ciudad de México, es un sistema combinado, proyectado originalmente en forma de peine siguiendo la pendiente natural del valle, Poniente-Oriente y Sur-Norte, e integrado por una serie de colectores, los cuales estaban divididos por el Colector Central, localizado en

la calle 5 de Mayo, de esta forma quedaban definidos como los "colectores de Sur" y los "colectores del Norte". En cuanto a la descarga de los del Sur, ésta se verificaba al Colector General alojado en la Av. Congreso de la Unión, mismo que junto con el Colector 4, descargaban al Gran Canal del Desagüe. Por lo que respecta a los colectores del Norte, estos descargaban directamente al Gran Canal.

El desarrollo y crecimiento de la ciudad ha obligado que la red también aumente su cobertura siguiendo el principio del sistema original. Actualmente, la red de drenaje está constituida por tuberías con diámetros de 0.30, 0.38 y 0.45 m en atarjeas; 0.60, 0.76 y 0.91 m en subcolectores; y 1.07, 1.22, 1.52, 1.83, 2.13, 2.44 y 3.05 m en colectores.

Complementando esta red, se tienen los importantes entubamientos de los ríos Mixcoac, de la Piedad y Churubusco. Finalmente, las obras del sistema de drenaje profundo, con los interceptores en diámetros de 4.00 y 5.00 m, y el emisor en 7.00 m, constituyen la más reciente medida de seguridad contra las inundaciones que en otra época afectaban a la ciudad.

1.2 B) RELACION ENTRE LA INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Y EL PROYECTO METRO.

Las calles o avenidas que presentan mayor continuidad alojan en ellas las tuberías más importantes de la ciudad y con frecuencia coinciden con el trazo de las líneas del Metro. La infraestructura hidráulica se ha trazado preferentemente en camellones o ejes de vialidad y las condiciones geométricas y procedimientos constructivos del Metro obligan en

la mayoría de las ocasiones a ocupar estos mismos lugares.

La construcción del Metro, hace necesario modificar la ubicación de las redes de agua potable y drenaje en las zonas en que éstas presenten interferencias con las líneas del Metro. Esta reubicación, trae como consecuencia un deterioro en el funcionamiento de los servicios, tanto de agua potable como de drenaje durante el tiempo en que las obras se lleven a cabo; ante esta situación, las modificaciones a las redes hidráulicas deberán hacerse a la mayor brevedad posible y tendientes a mejorar la operación del sistema.

En el proyecto de las líneas del Metro, las obras hidráulicas juegan un papel importante, por ejemplo, si el trazo y perfil propuesto hacen necesario el desvío de una importante instalación en el que el impacto al costo y tiempo de ejecución de la línea resultará en un margen antieconómico o antifuncional, el trazo y perfil del Metro deberá de considerar otras alternativas, tal como sucedió con la supresión de la rama Norte hacia la Villa en la línea 3, durante la primera etapa. La cual inicialmente estaba planeada que pasara por Peralvillo, pero el tramo Peralvillo-La Villa, presentaba interferencias con colectores de gran importancia, y cuya descarga al Gran Canal, se encuentra muy próxima a la Calzada Guadalupe.

Resolver estos cruces, como se previó en algunos otros puntos de la red, a base de sifones, significaba una aplicación repetitiva de una solución de elevado costo y largo tiempo de ejecución, y dado el mantenimiento que éstas estructuras requieren, su costo global se vería notablemente incrementado. Por estas razones y debido a que en las viali-

dades el tránsito vehicular no podía ser suspendido temporalmente, se optó por la alternativa del tramo Hidalgo-Tlatelolco, comunicando de esta forma la parte Norte con el primer cuadro de la ciudad.

I.3 EXPERIENCIAS RELEVANTES EN LINEAS ANTERIORES.

En la construcción de las líneas del Metro, en sus diferentes soluciones, se han presentado interferencias con la red general de drenaje y con el sistema de distribución de agua potable de la ciudad de México. Para dar solución a estas interferencias se han realizado diversos proyectos hidráulicos; estos proyectos han tenido que ajustarse a las características particulares de cada caso, tomando en cuenta los aspectos técnicos y económicos para optimizar la solución.

Entre las obras de mayor relevancia se encuentran las siguientes:

En la línea 3 podemos citar una serie de proyectos de gran importancia, esto se debe a que es una de las líneas con mayor longitud y que su solución, en cajón subterráneo aplicado en la parte central, adopta el perfil que más interfiere con las instalaciones municipales.

Por ejemplo, en la parte Norte de esta línea, se efectuó el desvío del Colector Once, de 2.44 m de diámetro, en la glorieta Potrero, el cual interfirió con el tramo subterráneo de enlace de las líneas 3 y 5, y con la rampa Poniente del puente Cuitláhuac. En este caso se proyectó un desvío con tubería de 2.44 m de diámetro y 210.00 m de longitud, en la misma avenida al sur de su posición original, y un túnel de 2.40 m de diámetro y 160 m de longitud, para cruzar bajo el cajón del Metro y conectarse a la obra derivadora "Potrero", lugar donde puede continuar su curso hacia el Gran Canal o verter en épocas de lluvia al Drenaje profundo mediante la adecuada operación de compuertas.

Por otra parte, con esta misma línea cruzan una serie de colectores que debido a la configuración topográfica de la ciudad, conducen sus aguas en sentido Poniente-Oriente. En estos cruces, debido a las características del subsuelo y al hecho de que deprimir el perfil del Metro representa un importante volumen de excavación adicional, no fue adecuado bajar la rasante del cajón para librar las interferencias con estos colectores, en cambio se diseñaron sifones invertidos de dos conductos; uno para estiaje y ambos para funcionar en temporada de lluvias.

Diferente fue el caso en el cruce con el entubamiento del río de la Piedad, en el cual la solución que se adoptó para realizar el cruce con el viaducto Miguel Alemán, fue deprimir el perfil del Metro de tal manera que librara tanto las estructuras viales correspondientes, como el cajón del entubamiento del río. En este caso, además de haber modificado el perfil del Metro lo suficiente para librar con cierta holgura las estructuras mencionadas, se tomaron medidas de seguridad ante una posible falla del entubamiento, el cual conduce un gasto de 42.00 m³/seg aproximadamente en épocas de lluvias, y 8.00 m³/seg en época de estiaje. Como principal medida de seguridad se decidió efectuar el cruce en época de secas, y en segundo término, se proyectó un desvío para conducir el gasto de estiaje mediante dos tuberías de acero de 0.91 m de diámetro instaladas a cada lado del cajón del río de la Piedad. Con lo cual fue posible tunelar bajo las estructuras existentes. La figura I.2 ilustra la solución.

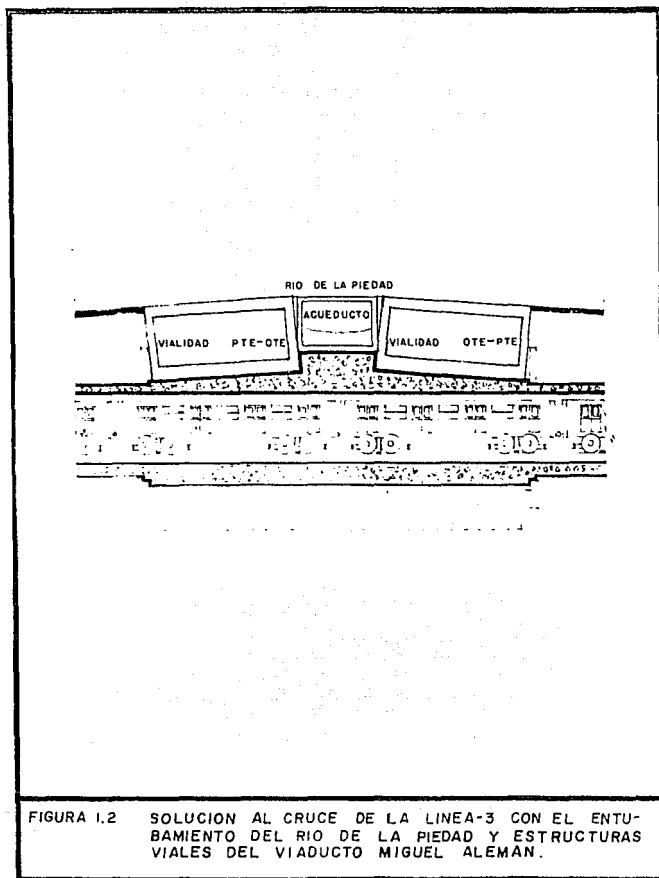


FIGURA 1.2 SOLUCION AL CRUCE DE LA LINEA-3 CON EL ENTUBAMIENTO DEL RIO DE LA PIEDAD Y ESTRUCTURAS VIALES DEL VIADUCTO MIGUEL ALEMAN.

Otros proyectos importantes de esta línea son las siguientes:

Sifones en la avenida Cuauhtemoc; mediante un desvío corto, tipo By Pass y Sifón Invertido, para las interferencias con los colectores 10 y 14, de 1.52 y 2.13 m de diámetro respectivamente.

Desvíos en la glorieta Francisco Villa; la interferencia de dos líneas primarias de la red de agua potable de 1.22 m (48") de diámetro, con los accesos y cabecera de la estación División del Norte, se resolvió con un desvío hacia el lado Oriente, precisando con una galería de protección de 180 m de longitud y una sección necesaria para alojar ambas tuberías, además del diseño especial de las cajas para operar las válvulas de seccionamiento localizadas en la conexión entre las líneas existentes y las de proyecto.

De igual forma, en la línea 4 se presentaron gran número de interferencias con las instalaciones hidráulicas municipales, principalmente con la ubicación de zapatas, lo cual obligó a efectuar desvíos en líneas para agua potable en diámetros que varían de 0.10 m hasta 1.22 m, así como en desvíos de tuberías para drenaje, desde 0.30 m hasta 3.05 m de diámetro.

II. ESTUDIOS PRELIMINARES.

Dentro de estos estudios se enmarcan los de factibilidad económica y técnicos en general, los cuales tienen por objetivo determinar el recorrido de la línea más funcional desde el punto de vista servicio, así como definir la sección de metro a utilizar.

II.1 FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA LINEA.

Definitivamente, desde el punto de vista económico, la factibilidad de una línea será mayor, en la medida que constituya una solución definitiva al transporte masivo de un sector importante de la población, es decir, entre mayor sea el número esperado de usuarios, mayor será la posibilidad de que se ejecute, esto resulta claro ya que a mayor número de usuarios, la inversión necesaria para su construcción podrá amortizarse en menor tiempo. Si aunado a lo anterior consideramos que el monto de la inversión depende del tipo de sección a utilizar, podemos resumir que los conceptos más importantes para la definición del trazo de una línea son:

- a) Asentamientos humanos
- b) Tipo de sección aplicada

II.1 A) ASENTAMIENTOS HUMANOS.

La creación de una nueva línea del Metro, tiene como objetivo principal proporcionar transporte masivo a grandes núcleos poblacionales de la ciudad, por tal motivo el estudio de Asentamientos Humanos resulta prioritario; dicho estudio

se realiza acorde a los requerimientos para el buen funcionamiento de la línea, tales como:

- a) Dar servicio a las zonas de mayor densidad demográfica.
- b) Abarcar los centros de actividades principales de la Metrópoli.
- c) Corresponder a las corrientes establecidas de circulación sobre las que transitan diariamente los mayores volúmenes de pasajeros y cubrir zonas de mayor densidad demográfica.
- d) Permitir a los usuarios un ahorro de tiempo en sus recorridos, con líneas lo más rectas posibles e interconexiones múltiples.

Resumiendo los cuatro incisos anteriores, se puede decir que el objetivo principal de la línea, es que esta pase por puntos críticos de tal manera que comunique grandes núcleos habitacionales con importantes centros de trabajo. Para justificar los requisitos, se realiza el estudio Origen-Destino.

II.1 B) TIPO DE SECCION APLICADA.

En la selección y determinación del tipo de sección a aplicar, influyen en forma determinante los siguientes factores:

- i) Costo de la obra civil por kilómetro.
- ii) Tiempo de ejecución de la obra civil.
- iii) Obstrucción de la vía pública durante su ejecu-

ción.

- iv) Interferencias con los servicios municipales.
- v) Futura disponibilidad vial.
- vi) Mantenimiento de la vía.
- vii) Libramientos viales perpendiculares inducidos.
- viii) Tipo de suelo.

Realizando un análisis de cada uno de los factores anteriores para las diferentes soluciones, tenemos:

- Por lo que respecta al costo de la obra civil, el más alto corresponde a la línea subterránea, bien sea en cañón convencional o túnel, y el más bajo lo tiene la solución superficial.
- En cuanto a los tiempos de construcción, la velocidad para la solución subterránea y túnel es del orden de 90 a 110 metros por mes, en tanto que para la solución elevada es de 70 a 90 metros por mes, y para la superficial los rendimientos que se alcanzan fluctúan de 130 a 150 metros por mes. Estas velocidades son desarrolladas en un solo frente de trabajo.
- En lo referente a la obstrucción de la vía pública durante la construcción, la solución que causa mayores problemas es la subterránea. reduciéndose éstas en la solución elevada.
- Las interferencias con las instalaciones municipales son totales en el caso del subterráneo, obligando a realizar desvíos importantes de grandes colectores y de líneas de distribución de agua potable.

Después de una ligera observación de estos primeros factores, se puede pensar que la solución óptima resultaría ser la superficial o elevada, pero estas presentan inconvenientes en relación con la futura disponibilidad vial, ya que la solución superficial ocupa un ancho equivalente a tres carriles de circulación, y la elevada a dos; además el ancho mínimo requerido para éstas soluciones es de 50.00 y 40.00 m respectivamente.

Por otra parte, en cuanto al mantenimiento de la vía, las soluciones subterráneas presentan ventajas respecto a la superficial y elevada debido a que requieren menor mantenimiento por no estar expuestas a la intemperie.

Finalmente, es evidente que la solución superficial representa un obstáculo a las vialidades perpendiculares, precisando de soluciones con pasos desnivel para permitir el libramiento vial.

Una vez conocidos los factores económicos y técnicos principales que rigen la definición del recorrido de una nueva línea y el tipo de solución a utilizar, se presentará la descripción de la más reciente, la línea 9, aludiendo dichos factores.

La línea 9 corre de Oriente-Poniente con una longitud de 14,491.96 m, estará integrada por 13 estaciones desde Pantitlán hasta Observatorio. Su construcción podrá aliviar de manera importante el volumen de personas que actualmente transporta la línea 1, dado que tiene las mismas terminales pero

su recorrido es más directo. En esta nueva línea se aplicaron tres tipos de solución debido a que las vialidades en que se aloja y el tipo de suelo así lo permitieron, la elevada se utilizó en la parte Oriente, el cajón convencional se empleó en la zona centro, y el túnel en la parte Poniente por contar con el tipo de suelo apropiado para su ejecución. En la figura II.1 se puede apreciar las características generales de esta línea.

Considerando que el presente trabajo tiene como finalidad exponer el proyecto de desvío de las obras hidráulicas inducido por la construcción del Metro en el tramo central de la línea 9, la presentación se avocará en adelante en dicho tramo.

El tramo de estudio, con una longitud de 3,593.728 m, se ubica desde la estación Jamaica hasta Centro Médico, comprendiendo cuatro estaciones de 180.00 m de longitud cada una. La solución adoptada en esta parte es el cajón convencional, debido que su trazo se ubica sobre el Eje 3 Sur, el cual tiene un ancho aproximado de 25.00 m, lo que hizo imposible el empleo de las soluciones elevada y superficial. Las características entre los tramos de las estaciones antes mencionadas son las siguientes:

- Estación Jamaica, tiene correspondencia con la línea 4.
- Estación Chabacano, se enlaza con la línea 2.
- Estación Lázaro Cárdenas, estación de paso.
- Estación Centro Médico, tiene correspondencia con la línea 3.

<u>TRAMO</u>	<u>LONGITUD (M)</u>
Jamaica-Chabacano	1234.600
Chabacano-L. Cárdenas	1150.128
L. Cárdenas-C. Médico	1209.000

En el subcapítulo siguiente se describirá su proyecto geométrico.

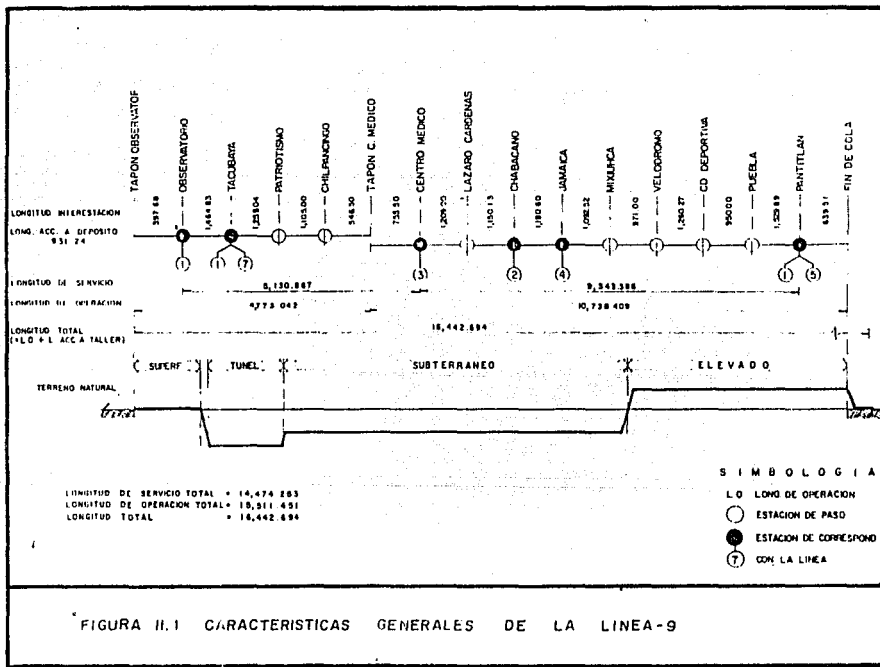


FIGURA II.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LINEA-9

II.2 PROYECTO GEOMETRICO.

Una vez seleccionado el recorrido de la nueva línea se procedió a realizar el proyecto geométrico, el cual resulta ser el estudio base para la elaboración de los proyectos complementarios.

El Proyecto Geométrico, es la determinación del dimensionamiento del espacio, tanto transversal como longitudinal, que permita una libre circulación de los trenes, y está constituido principalmente por lo siguiente:

- a) Proyecto de Trazo.
- b) Proyecto de Perfil.
- c) Proyecto de Gálivos.

II.2 A) PROYECTO DE TRAZO.

Para el alineamiento del trazo, es necesario considerar las especificaciones que establece la comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR). En el caso de solución en cajón convencional son las siguientes:

- a) El radio mínimo de curvatura es de 150 m.
- b) Cuando el radio se encuentre entre 150 y 2000 m, se utilizarán curvas de transición denominadas clótoides, las cuales absorben la sobreelevación requerida para contrarrestar la fuerza centrífuga.
- c) Cuando el radio sea mayor a 2000 m, se utilizarán curvas circulares simples.
- d) En toda curva horizontal de radio menor a 2000 m, debe de existir una sobreelevación.
- e) Entre dos curvas consecutivas debe de existir una tan-

gente mínima de 16 m.

- f) En todo tipo de curva horizontal se debe tener una longitud de curva circular mínima de 16 m.
- g) En el trazo de la línea se procura utilizar el menor número de curvas posibles.
- h) Las estaciones se deben localizar en tramos tangentes.
- i) El trazo de la línea debe ser apoyado por polígonos cerrados, con la finalidad de fijar su posición.
- j) La precisión mínima aceptable por el análisis del trazo, y sus poligonales es de 1:10,000.

Una vez conocidas las especificaciones de alineamiento se puede elaborar el proyecto de trazo, generalmente para realizar dicho proyecto es necesario hacer un planteamiento preliminar sobre una planimetría levantada por fotogrametría en escala 1:500, procurando ubicar el eje de trazo al centro de la calle o a cierta distancia de sus paramentos y colocando puntos de apoyo (PO) para referenciar las tangentes, finalmente se determina el valor de las deflexiones en los cambios de dirección con los que se calculan las curvas.

Posteriormente al trazo preliminar, se procede a su verificación en campo con el apoyo de brigadas de topografía, esto consiste en localizar sobre el terreno los puntos de apoyo y medir las tangentes y deflexiones, para finalmente afinar el cálculo de curvas reales, de acuerdo a las medidas lineales y angulares verdaderas.

De acuerdo a las especificaciones mencionadas el trazo definitivo de la línea 9 en su tramo centro, se proyectó con-

forme al siguiente recorrido:

Ubicados en la estación Jamaica, localizada sobre el Eje 3 Sur, entre la avenida Congreso de la Unión y la calle de Escuadra; el eje de trazo se desplaza de Oriente a Poniente, tomando su curso sobre la avenida Morelos para continuar por la avenida Chabacano, donde se localiza la estación del mismo nombre entre las calles Francisco Ayala y J. A. Torres. De ahí el trazo sigue por la avenida José Peón Contreras, sobre la cual se encuentra ubicada la estación Lázaro Cárdenas en el cruce con la avenida del mismo nombre, finalmente se prolonga en la avenida central situándose la estación Centro Médico, entre la avenida Cuauhtemoc y la Calle Toluca.

En los lugares donde se presentó cambio de dirección en las tangentes se utilizaron curvas circulares cuando la deflexión permitió un radio mayor a 2000.00 m, de lo contrario se emplearon curvas clotoides. Este tipo de curvas son compuestas, constituidas por una circular y dos semiespirales. la forma de calcular estas curvas, así como la presentación de los datos para su trazo es la siguiente:

Para el cálculo de la clotoide se parte de la consideración que la pendiente máxima de enlace para los peraltes no debe ser mayor de 4.00 mm/m, quedando esta consideración definida por la siguiente expresión:

$$Bm \leq 180/V$$

en donde:

Bm pendiente máxima

V velocidad máxima permitida

Establecida la condición para el cálculo de la pendiente máxima se calcula la velocidad máxima V en función del Radio Nominal por medio de la expresión:

$$V = 5.13 \sqrt{Rn}^{1/2} ;$$

el valor obtenido mediante las fórmulas es redondeado a su inmediato inferior. La aplicación de la pasada fórmula es para radios inferiores a 250.00 m, en radios mayores por razones de orden práctico y de acuerdo a estudios realizados se considera una velocidad máxima de 80.00 km/h. Ya conocida la velocidad, se calcula el peralte teórico (H_t) utilizando la siguiente expresión:

$$H_t = [11.8 \sqrt{V}] / Rn ;$$

valor al cual se le restan 30 mm y se redondea a su valor inmediato superior, conociendo de esta forma el peralte práctico (H_{cr}). Cuando el valor del peralte calculado (H_{cr}) es mayor de 160 mm, se considera un peralte práctico igual.

Establecidas las variables anteriores se calcula la longitud teórica de la clotoide requerida (L_{tc}), utilizando la fórmula:

$$L_{tc} = H_{cr} / S_m ;$$

establecido el valor L_{tc} , se calcula el valor de la constante denominada epsilon (ξ), que servirá para utilizar las tablas de clotoides unitarias.

A continuación se presenta como ejemplo la curva localizada en el tramo Lázaro Cárdenas-Centro Médico, utilizada para unir las tangentes de trazo a lo largo de la Av. Central.

LÍNEA N° 9 -13- TRAMO LAZARO CARDENAS CENTRO MEDICO

CALCULO DE LA CURVA EN EL PIVOT PARA UN RADIO NOMINAL DE 125m Y UN Δ DE 30°00'

DATOS PARA EL CALCULO DE LA CLOTOIDE

VELOCIDAD = V = 80 Km/h
 PERALTE PRACTICO = Hr = 160

CALCULO DE LA CLOTOIDE

180/V = Sm = 180/80 = 2.25
 Hr / Sm = Ltc = 160/2.25 = 71.1111
 Ltc / Rn = β = 71.1111/375 = 0.1896296
 λ = 0.001805
 L = 2.293378
 l = 0.436
 A · Rn = E = (0.001805)(375) = 0.684
 Rn - E = Rc = 375 - 0.684 = 374.316
 Rc / r = A = 374.316/2.293378 = 163.254
 l · A = Lcl = (0.436)(163.254) = 71.179
 T = 98° 26' 42"
 x · A = Xe = (0.435606)(163.254) = 71.1144
 y · A = Ye = (0.013805)(163.254) = 2.25372
 xm · A = Xm = (0.217935)(163.254) = 35.5787
 s · A = S = (0.435826)(163.254) = 71.1903
 W = 01° 48' 54"
 Yc / sen T = U = 2.25372 / 0.095335 = 23.640
 Yc / sen T = H = 2.25372 / 0.094905 = 23.747

CALCULO DE LA CURVA CIRCULAR REAL

Δ - 2T = Δc = 30.47777 - 10.891666 = 19.58611 = 19° 35' 10"
 Δc rad · Rc = Lc = (19.58611)(374.316) = 7314.1591 / 180 = 127.998
 10n Δc / 2 · Rc = ST = 10(19.58611/2)(374.316) = 64.6296
 2Rc · sen Δc/2 = c = 2(374.316)sen(19.58611/2) = 127.37560
 STcn + Xm = Tc = (375)[tg(30° 26' 40"/2)] + 35.5787 = 137.737

COMPROBACION DE LOS CALCULOS

2{sen((180° - Δ)/2) · Tc} = 2{sen(74.7611)(137.7373)} = 265.7885
 cos((180° - (90° + ((180° - Δ)/2))) · 2S + C = Cos((Δ/2) - β) · 2S + C = Cos(13.42389)(237.503) + 2(23.7568) + 265.788

CALCULO DE CADENAMIENTOS

P1 - Tc = TC = 2428.184 - 137.7373 = 2290.447
 TC + Lcl = CC = 2290.4467 + 71.179 = 2361.626
 CC + Lc = CC = 2361.626 + 127.998 = 2489.624
 CC + Lcl = CT = 2489.624 + 71.179 = 2560.803

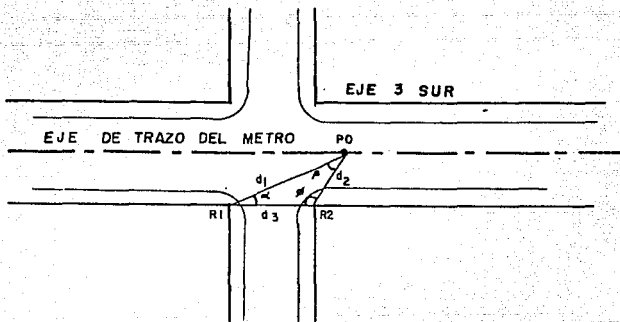
NOMENCLATURA EMPLEADA

V = VELOCIDAD MAXIMA AUTORIZADA
 Sm = PENDIENTE MAXIMA DE ENLACE
 Ltc = LONGITUD TEORICA DE CLOTOIDE
 Rn = RADIO NOMINAL
 Rc = RADIO REAL
 Lcl = LONGITUD REAL DE CLOTOIDE
 C = CUERDA DE LA CURVA CIRCULAR REAL
 STcn = ST DE LA CURVA CIRCULAR NOMINAL

Para la localización de las tangentes que definen el eje de trazo, se localizaron puntos obligados. Estos puntos se referenciaron por medio de triangulaciones, con el objeto de quedar perfectamente localizados. Para realizar la referenciación, se determinaron en campo puntos de apoyo (PO) ubicados generalmente en los paramentos u otras referencias importantes que no se modifiquen con la construcción de la línea; después de localizadas estas referencias, se midió la distancia de cada una de éstas hacia el punto sobre el eje de trazo (PO), formando un triángulo, al cual, también se le midió los ángulos internos, definiendo así una triangulación de apoyo.

EJEMPLO:

Ubicado entre las estaciones Chabacano y Lázaro Cárdenas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. E.N.E.P. ACATLAN

EST	PV	ANGULO SIN CORREGIR	ANGULO CORREGIDO	A _o	DISTANCIA	N _i	S-	E _o	W-	NO DE REF
		M ₁ =		E ₁ =		E ₂ =				
		I ₁ =		ET =		P =				
		M ₂ =		E ₁ =		E ₂ =				
		E ₁ =		ET =		P =				
		M ₃ =		E ₁ =		E ₂ =				
		E ₁ =		ET =		P =				
		M ₄ =		E ₁ =		E ₂ =				
		E ₁ =		ET =		E ₂ =				

TITULO: _____

LIB. _____ PAG. _____

LEVANTO: _____ FECHA: _____

CALCULO: _____ FECHA: _____

OBSERVACIONES: _____

11.2 B) PROYECTO DE PERFIL.

El proyecto de perfil define la posición vertical que deberá seguir la línea del Metro de acuerdo a las características del suelo, tratando de evitar las interferencias con las instalaciones existentes; considera también las necesidades de las obras futuras. En su elaboración deberá tomarse en cuenta su procedimiento constructivo, para tener una mayor seguridad durante este proceso, proporcionando además la mayor facilidad posible.

Para realizar el proyecto de perfil, se debe contar con información básica como: el trazo de la línea, el perfil estratigráfico sobre el trazo y la identificación de posibles interferencias existentes o futuras.

De acuerdo a lo anterior, en el subinciso A de este inciso, quedo definido el trazo de la línea por tanto se esta en posibilidad de analizar la estratigrafía de la zona.

ESTRATIGRAFIA.-

El tramo en estudio se ubica en la parte Poniente de la ciudad de México, desde el punto de vista estratigráfico se localiza en las zonas denominadas como "Zona del Lago" y en la "Zona de Transición" las cuales presentan las siguientes características:

ZONA DEL LAGO.

Superficialmente y hasta una profundidad que varía entre 3.00 m y 7.00 m, se localiza el llamado Manto Superficial constituido por depósitos lacustres areno-limosos o arcillo-

...sos, o rellenos artificiales. El nivel freático se localiza entre 1.50 y 2.20 m de profundidad.

Bajo el Manto Superficial se encuentra la formación Arcillosa Superior, constituida por arcillas de origen volcánico altamente compresibles, típicas de la Ciudad de México, con intercalaciones de arena en pequeñas capas o en lentes; el espesor de esta formación varía entre 24.00 y 33.00 m. La formación Arcillosa Superior descansa sobre un estrato denominado Capa Dura, constituida por un limo-arenoso y limo-arcilloso con gravas muy compactas y en algunos casos cementados, la Capa Dura tiene aproximadamente un espesor de 3.00 m; bajo ésta, se encuentra la formación Arcillosa Inferior constituida por la misma arcilla volcánica blanda de la capa anterior pero preconsolidada, el espesor de esta formación varía entre 4.00 y 14.00 m. Como capa inferior se encuentran lo llamados Depósitos Profundos constituidos por limos arenosos, arenas limosas y gravas muy compactas que alcanzan profundidades más allá de los 100.00 m.

ZONA DE TRANSICION.

En esta zona las condiciones del subsuelo desde el punto de vista estratigráfico, varía mucho de un punto a otro. En general aparecen depósitos superficiales de arcilla o limos orgánicos, cubriendo arcillas volcánicas muy compresibles que se presentan en espesores muy variables con intercalaciones de arenas limosas o limos compactados; todo el conjunto yace sobre mantos potentes, predominantes de arenas y grava. El nivel freático varía de 0.50 a 3.50 m.

INSTALACIONES EXISTENTES.-

En cuanto a las posibles interferencias que el perfil del Metro encuentra en su desarrollo, se destacan por su importancia:

- Hidráulicas
- Eléctricas.
- Telefónicas.
- Gaseoductos y oleoductos.

Sin duda la presencia de estas instalaciones condiciona el perfil definitivo ya que con objeto de minimizar el costo de la línea, deberá procurarse librar las de mayor importancia. En el inciso 3 de este capítulo se expondrá con mayor amplitud lo relativo al levantamiento de las instalaciones hidráulicas municipales.

De acuerdo con la estratigrafía de la zona, la solución en cajón subterráneo que se decidió aplicar y la localización de instalaciones municipales, se procedió a la determinación del nivel de rasante y subrasante que seguirá la línea.

El perfil del tramo se inicia en la estación Jamaica ubicando la subrasante a 2,225 m.s.n.m. con pendiente nula, ya que tratándose de una estación la inexistencia de pendiente permite que el tren pueda permanecer detenido sin necesidad de accionar los frenos.

En los tramos de interestación la elevación varió desde 2,225 m.s.n.m. hasta una elevación máxima de 2,228

m.s.n.m.) la mayoría de las pendientes utilizadas se encuentran en el rango comprendido entre 2% y 4%, con el fin de propiciar el drenaje longitudinal. Solo en dos casos donde fue necesario deprimir el perfil de metro para permitir el cruce de instalaciones, las pendientes resultaron mayores a la máxima recomendable del 6%. Estas se localizan en el tramo comprendido entre las estaciones Lázaro Cárdenas y Centro Médico.

Para unir los cambios de pendiente se utilizaron curvas de enlace vertical, parabólicas de transición, el radio mínimo utilizado fue de 1,250.00 m al nivel del punto de inflexión vertical. La distancia mínima entre el final de una curva y el principio de la siguiente es de 20.00 m, esta distancia se aumentó según se presentaron las características de la línea.

El espesor del nivel de la subrasante a nivel de rasante utilizado fue de 0.75 m, este se determinó considerando que la fijación de la vía se hizo sobre balasto, lo que originó la necesidad de un relleno de mayor espesor. En los lugares donde se localizaron las rejillas de ventilación el espesor del relleno mínimo utilizado fue de 80.00 cm.

II.2 C) PROYECTO DE GALIBOS.

El proyecto de Galibos, tiene por objetivo definir la geometría de la estructura del Metro que permitirá la libre circulación del tren y del personal de mantenimiento y operación así como alojar las instalaciones electromecánicas e hidráulicas necesarias para su adecuado funcionamiento.

Para la realización del proyecto de gálibos es necesario realizar un análisis de los espacios necesarios por el convoy o tren, basado en los conceptos siguientes:

- i) trazo
- ii) perfil
- iii) tipo solución aplicada
- iv) comportamiento dinámico del tren
- v) espacios para instalaciones electromecánicas, de ventilación e hidráulicas.
- vi) espacio para andadores.

Interpretando los conceptos anteriores, el proyecto de gálibos varía en función del tipo de solución utilizada, así como la forma del trazo, ya que el comportamiento del tren no es igual en curva como en tangente.

Considerando lo anterior el proyecto del tramo estudiado, tuvo variación de dimensiones. A continuación se describen las características horizontales y verticales de sus diferentes secciones.

En tramos rectos el ancho libre del cajón es de 7.20 m, con lo que se tiene un espacio intermedio de 40.00 cm. entre los trenes y de 75.00 cm en los andadores laterales. La altu-

ra libre del cajón es de 4.90 m.

En los tramos curvos, ambas dimensiones deben incrementarse por los desplazamientos central y extremo del carro y por la sobreelevación transversal, que prevee en las curvas.

En las figuras II.2 y II.3 se ilustran las secciones en tramo recto y curva respectivamente.

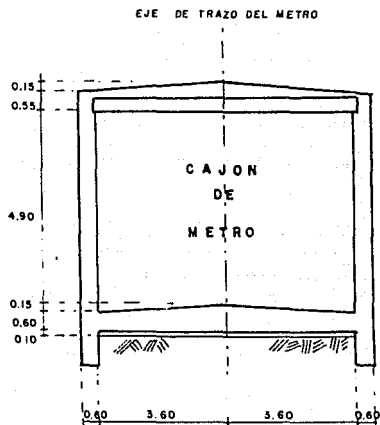


FIGURA II.2 . SECCION EN TRAMO RECTO

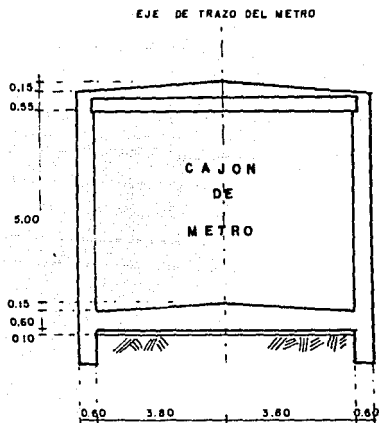


FIGURA 11.3 SECCION EN TRAMO CURVO

II.3 LEVANTAMIENTO DE INSTALACIONES MUNICIPALES.

El levantamiento de las instalaciones hidráulicas municipales, tanto de agua potable como de drenaje, es uno de los estudios preliminares de mayor importancia para la determinación de las interferencias que presentan las instalaciones de agua potable y drenaje con el trazo y perfil de la nueva línea, así como determinar las características de las instalaciones existentes.

Para efectuar estos levantamientos es necesario contar con información de la zona, así como su planimetría y altimetría.

II.3 A) LEVANTAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Este levantamiento tiene por objeto, determinar las características de las tuberías que conforman la red de agua potable instalada en la zona de influencia de construcción del Metro o de sus obras inducidas.

Dentro de estas características, las de mayor importancia son:

- a) Trazo de la tubería
- b) Diámetro
- c) Disposición de las válvulas de seccionamiento

El reconocimiento se inicia con la interpretación de la información de archivo, recopilada en la Dirección de Construcción y Operación Hidráulica del D.F., misma que se en-

cuentra plasmada en planos escala 1:2000, los cuales cubren toda el Área del Distrito Federal. En estos planos están consignados los trazos aproximados de las tuberías existentes, asimismo, se indican los diámetros y arreglo de las válvulas en cada crucero.

Posteriormente para efectuar la ratificación de los datos anteriores, es necesario el apoyo de una brigada de topografía, la cual iniciará su reconocimiento con la detección de las cajas o registros para la operación de válvulas (generalmente localizadas en las intersecciones de algunas calles de la ciudad), procediendo de inmediato a referir su posición respecto a los paramentos de construcciones, o bien a los vértices de la poligonal utilizada para los levantamientos planimétricos. Posteriormente se llevará a cabo un levantamiento preciso de las piezas que integran el crucero, destacando la posición de las válvulas de seccionamiento o de desfogue, en caso de existir. Finalmente se efectuará la nivelación de la tapa y se medirá la profundidad a la que se encuentra instalada la tubería. Hasta este momento quedan definidas tres de las características: diámetro, la disposición de las válvulas y la profundidad de la tubería, faltando solo el trazo, el cual es posible deducir mediante la consideración de que los registros se encuentran ligados mediante tramos rectos o sensiblemente paralelos al paramento de construcciones.

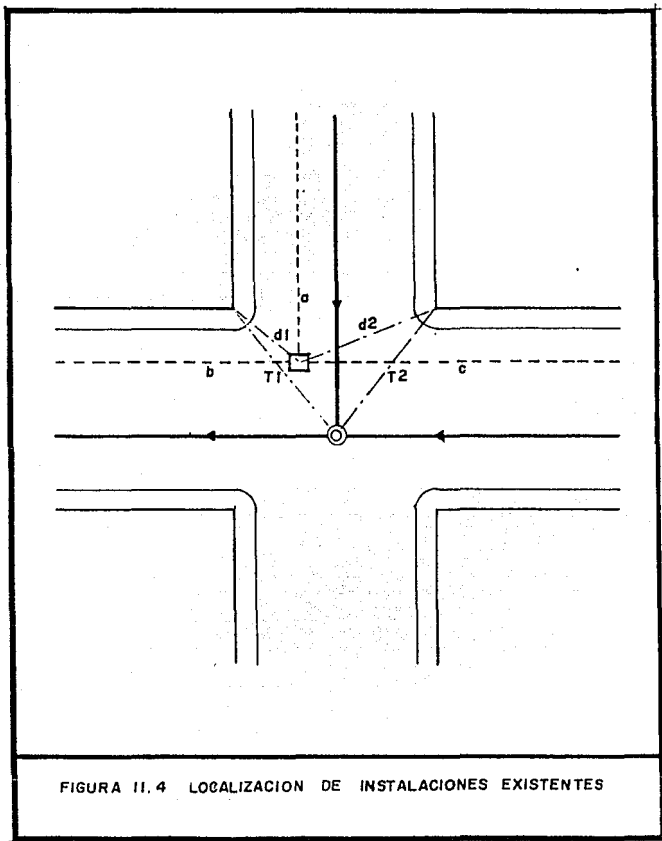
II.3 B) LEVANTAMIENTO DE DRENAJE.

El levantamiento de las instalaciones de drenaje, al igual que el de agua potable, tiene como finalidad determinar la ubicación y características de las tuberías que interfieren con el trazo del Metro.

Dicho levantamiento sigue un procedimiento similar al de agua potable, iniciando mediante la consulta de los planos de la D.G.C.O.H. para localizar las instalaciones de la zona. Posteriormente se procede a su verificación en campo, tal verificación se efectúa con el auxilio de una brigada de topografía y consiste en dos etapas.

La primera consiste en localizar y referir las instalaciones, esto se realiza ubicando puntos de apoyo (PO) bien determinados para medir la distancia entre dichos puntos y el centro del pozo localizado. Otra forma de referirlos consiste en el trazo previo de una poligonal abierta, la que se apoya en puntos bien determinados, una vez establecidos estos puntos se hacen radiaciones hasta localizar el pozo, midiendo la distancia de la estación del aparato al centro del pozo.

En la figura II.4, se muestra la forma de referenciación.



La segunda etapa consiste en obtener la información posible del estado que guardan los pozos o estructuras de visita, esto se efectúa con el auxilio de una varilla o plantilla provista de una escuadra en su extremo inferior. Esta plantilla se introduce a través del brocal del pozo hasta tocar el fondo del conducto, debiendo hacer una marca sobre la plantilla con respecto a la elevación del brocal. Posteriormente se eleva la plantilla hasta tocar la parte superior del conducto (clave) con la escuadra, marcando nuevamente la plantilla referida a la elevación del brocal, una vez efectuado lo anterior se extrae la plantilla del pozo y se procede a efectuar la medición entre los puntos marcados, de esta forma se determina el diámetro de la instalación así como el tipo y profundidad del pozo, tirante de los escurrimientos y sus condiciones generales. Este procedimiento se debe realizar en cada uno de los pozos de la zona, para finalmente analizar su nivelación y determinar el sentido del escurrimiento así como sus pendientes.

La información recabada mediante el proceso anterior se debe presentar lo más clara posible.

En la tabla II.1, se presenta la información obtenida en el levantamiento del tramo estudiado.

III. TIPOS DE INTERFERENCIAS Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS GENERALES DE SOLUCION.

La obra del Metro induce la modificación y reubicación de las instalaciones hidráulicas municipales que interfieren con su trazo. La reubicación de estas instalaciones debe hacerse de manera que sustituya el servicio de agua potable o drenaje que vaya ser afectado, conservando las condiciones originales y cuando sea posible mejorarlas.

Para proceder a la reubicación de las instalaciones afectadas es necesario plantear una serie de alternativas que puedan dar solución a las interferencias, para posteriormente mediante un análisis técnico-económico, determinar cual de ellas es la más favorable funcionalmente y además de resultar la más económica.

El primer paso para el planteamiento de las alternativas consiste en definir el tipo de interferencia de que se trata. A continuación se presenta una descripción de éstas:

III.1 TIPOS DE INTERFERENCIAS.

Se define como interferencia hidráulica, a la interposición de las redes hidráulicas con la estructura del Metro.

Las interferencias se pueden presentar en forma directa o indirecta:

- DIRECTA. Se presenta cuando la estructura afecta a la instalación.
- INDIRECTA. Se presenta cuando el procedimiento constructivo es quien afecta a la instalación.

Por otra parte las interferencias se denominan longitudinales o transversales, esto es según la forma en que se interponen con el trazo del Metro; designando como interferencia longitudinal, aquella en que el eje de la instalación coincide con el eje de trazo y como interferencia transversal, aquella en donde la instalación cruza con el eje del trazo del Metro.

En el tramo de estudio del presente trabajo, Jamaica Centro Médico, se localizaron las siguientes interferencias con las líneas primarias, tanto en agua potable como en drenaje.

III.1 A) AGUA POTABLE.

En lo que respecta a este servicio, mediante el plano de la red general de Agua Potable del D.D.F., se detectaron tres interferencias directas con tuberías primarias de la red de distribución, en cuyo caso se procedió a realizar los trabajos de verificación en campo. Las características de las interferencias se describen a continuación.

Considerando un recorrido Oriente-Poniente y tomando como punto de partida la estación Jamaica, la primera interferencia se localiza en la intersección de Av. Chabacano con la calle J. A. Torres, precisamente donde se ubicó la estación Chabacano, con la cual se tiene una interferencia transversal. La tubería existente se localiza próxima al paramento Oriente de la vialidad, tiene un diámetro de 91.00 cm (36"), en ésta fluye un gasto aproximado de

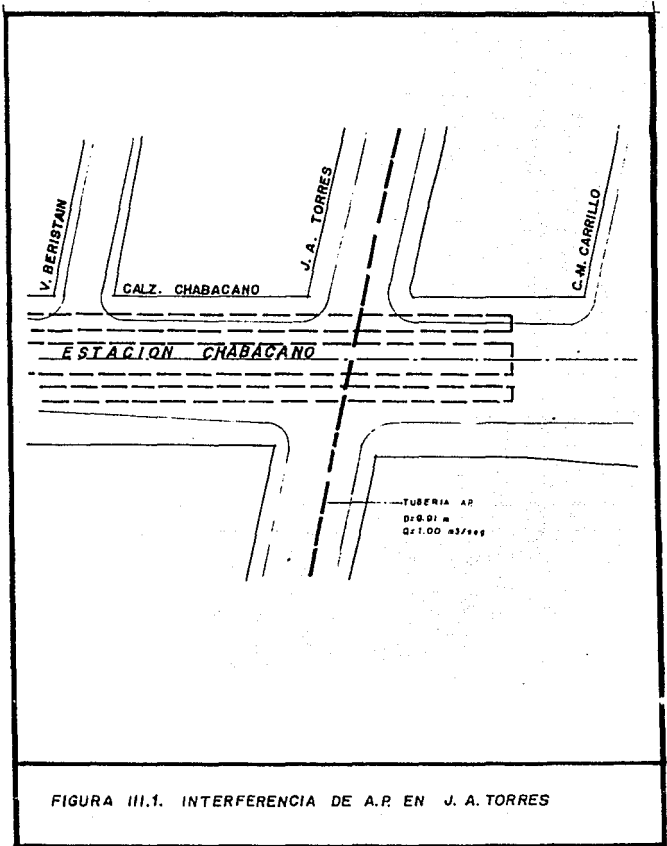
1.00 m³/seg, el cual puede abastecer una población de 400,000 habitantes aproximadamente. (ver fig. III.1).

La segunda interferencia se localiza en el tramo comprendido entre las estaciones Lázaro Cárdenas y Centro Médico, en la intersección con la calle Dr. Andrade, donde se presenta nuevamente una interferencia transversal.

La tubería se aloja en la calle Dr. Andrade con un trazo irregular, ya que en el lado Norte se encuentra próxima al paramento Oriente y en el Sur al paramento Poniente; es decir se encuentra atravesando diagonalmente la vialidad, y se localiza a una profundidad de 5.50 m aproximadamente, con un diámetro de 1.22 m (48") capaz de conducir un gasto de 1.75 m³/seg, con el cual es posible dotar a una población de 650,000 habitantes aproximadamente. (ver fig III.2).

Por último, la tercera interferencia se localiza tanto transversal como longitudinal. La interferencia longitudinal se presenta desde la calle Dr. Jiménez hasta la av. Cuauhtemoc en una longitud aproximada de 378.00 m. Por otra parte, en lo que respecta a la interferencia transversal, de hecho se presentan en tres puntos: con la línea 9 en av. Cuauhtemoc, con la línea 3 en la calle Bajío y con la espuela de comunicación entre las líneas anteriores en la av. Cuauhtemoc. (ver fig. III.3).

El diámetro de la tubería en este caso es de 91.00 cm (36"), por donde circula un gasto aproximado de 1.00 m³/seg capaz de satisfacer a una población de 400,000 habitantes aproximadamente.



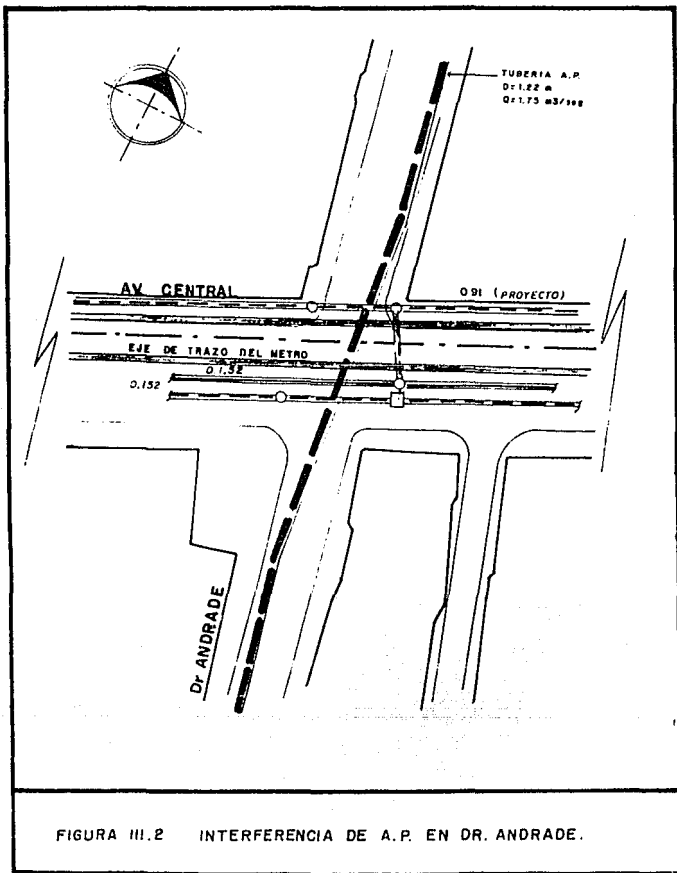
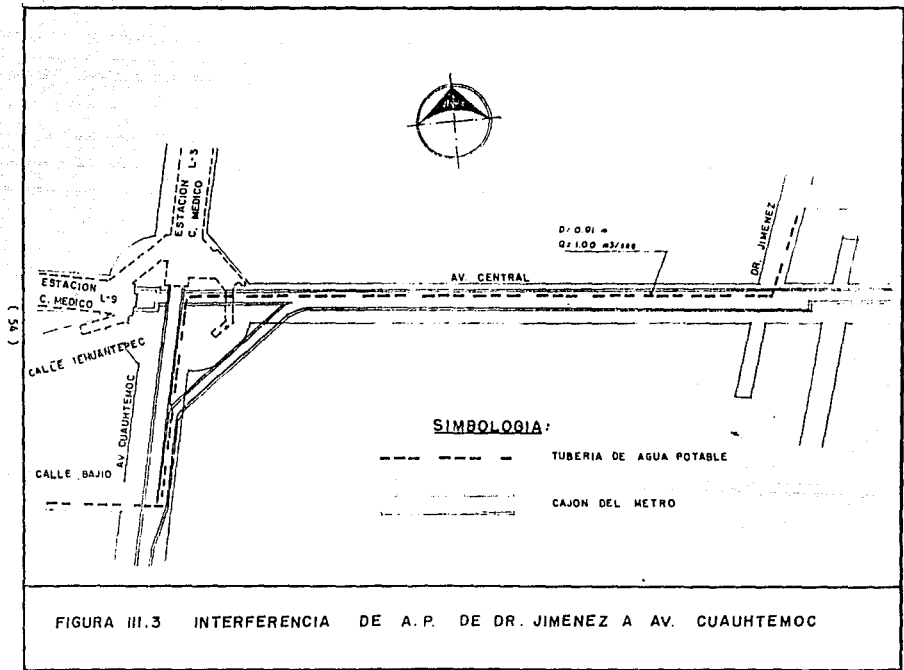


FIGURA III.2 INTERFERENCIA DE A.P. EN DR. ANDRADE.



III.1 B) DRENAJE.

Utilizando la información aportada por los estudios preliminares, tanto el levantamiento de instalaciones municipales como la definición del trazo y perfil de la línea, fue posible precisar las interferencias que las instalaciones de drenaje presentaron a la construcción de la estructura del Metro. A continuación se describen sus características.

En el tramo de análisis, se tiene como interferencia de mayor importancia la del "Colector 10", cuyo diámetro varía de 1.52 a 1.83 m, debido a que coincide con el Metro casi a todo lo largo del tramo. La interferencia de este colector inicia en la av. Baja California, aproximadamente en la intersección con Quintana Roo, continuando por la primera hasta cruzar av. Cuauhtemoc, posterior a este cruce continua en av. Central con trayectoria Poniente-Oriente, hasta llegar a la calle 5 de febrero donde presenta un cambio de dirección hacia el Norte, posteriormente en la intersección con la calle Fray J. de Torquemada recobra su sentido hacia el Oriente, mismo con el que continúa por av. Chabacano hasta su descarga al Colector "La Viga" de 2.20 m de diámetro, localizado en la calzada del mismo nombre. (figs. III.4a, III4b y III4c).

Como puede apreciarse en las figuras anteriores y por demás obvio, la interferencia de este colector con la estructura del Metro es del tipo longitudinal, excepto en la calle 5 de Febrero donde cruza perpendicularmente al eje de trazo, presentando una de tipo transversal.

En general la interferencia es de gran importancia debido a dos aspectos fundamentales. Primero el colector presenta interferencia en un desarrollo de aproximadamente 3,300.00 m. Segundo la instalación es capaz de conducir un gasto de 2.35 m³/seg para el tramo en que su diámetro es de 1.52 m y 4.50 m³/seg cuando alcanza el diámetro de 1.83 m. con lo cual drena un área de 4.50 km² aproximadamente.

(57)

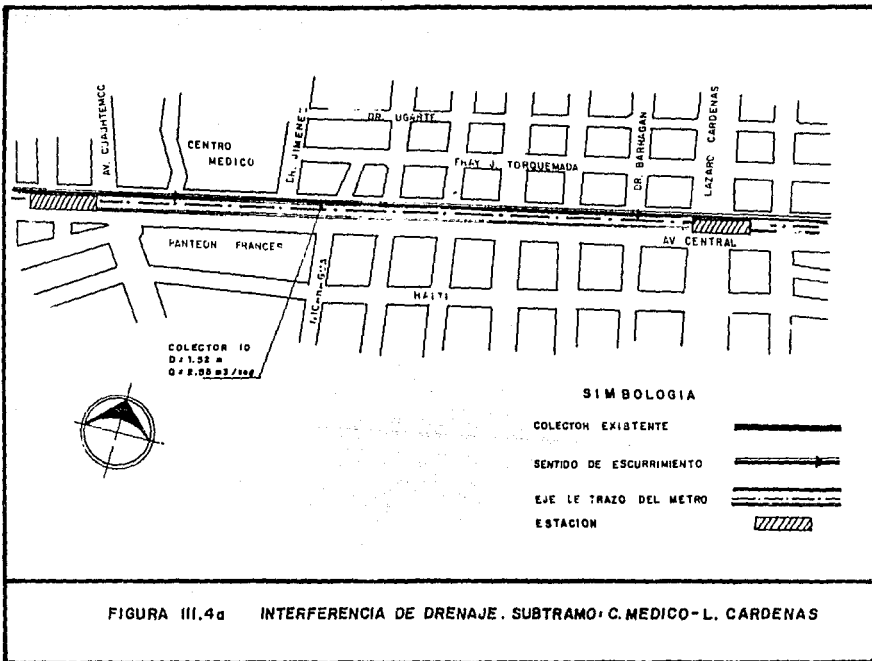
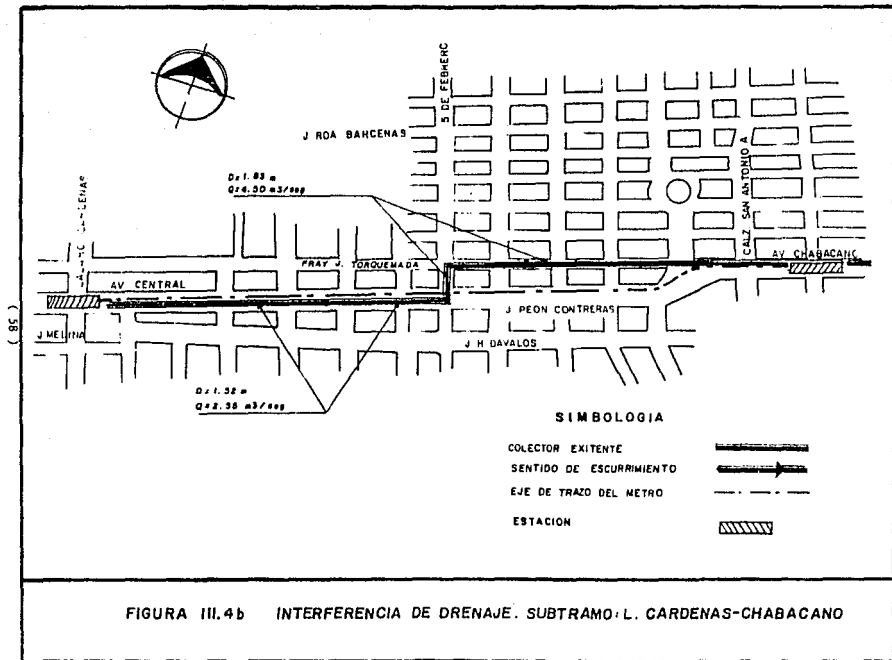


FIGURA III.4a INTERFERENCIA DE DRENAJE. SUBTRAMO C. MEDICO - L. CARDENAS



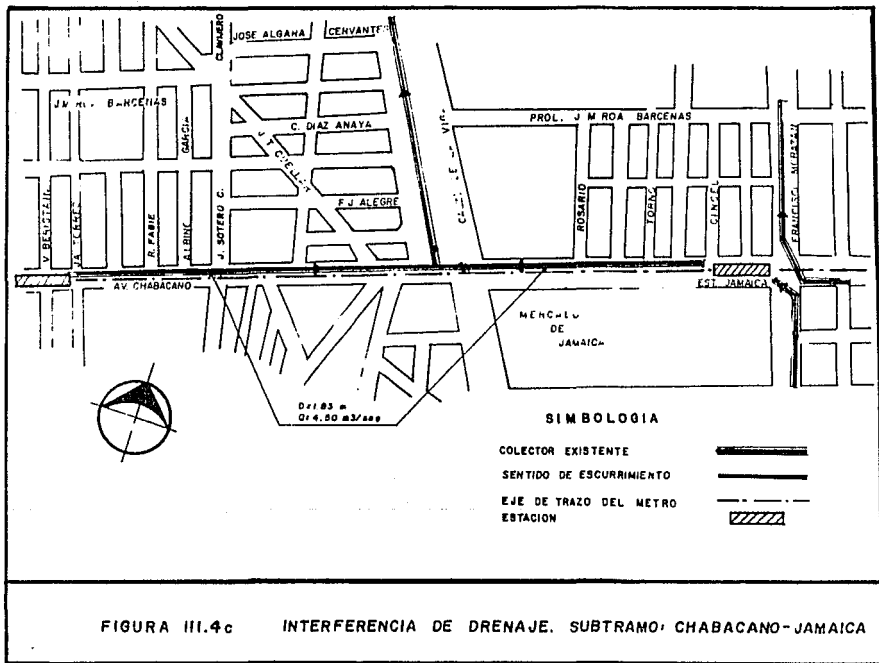


FIGURA III.4c INTERFERENCIA DE DRENAJE, SUBTRAMO: CHABACANO-JAMAICA

III.2 DESCRIPCION Y EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION PARA AGUA POTABLE.

La extrema importancia que reviste el abastecimiento de agua potable en la ciudad de México, establece una serie de lineamientos a los que deberán apegarse las alternativas de solución aplicables a las interferencias de estas tuberías con las líneas del Metro.

Dichas condiciones son las siguientes:

1. Conservar y en su caso mejorar las condiciones originales del sistema.
2. Reducir al mínimo posible, las pérdidas de presión en los desvíos.
3. Cerrar circuitos, es decir, evitar puntas muertas en los desvíos.
4. Apegarse a las disposiciones técnicas aplicables de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del D. D. F.
5. Coordinar el proyecto del desvío con su procedimiento constructivo, a fin de que en caso de existir suspensión en el servicio de abastecimiento, se reduzca al mínimo posible.

Tomando como base las consideraciones mencionadas y conociendo las características de las interferencias, se procederá a la descripción a "grosso modo" de las alternativas de solución, las cuales, en forma general consisten en la reubicación de las tuberías fuera de la zona de influencia del cañón del Metro tan próxima como sea posible a su posición ori-

ginal de acuerdo con las condiciones de espacio disponible.

Las interferencias transversales se pueden solucionar mediante:

1. By Pass
 - a) convencional.
 - b) con sifón.
 - c) con sifón y galería de protección.
2. Sostenimiento.
3. Sustitución.

Para las interferencias longitudinales, se tienen dos opciones:

1. Desvío largo en la misma vialidad.
2. Desvío largo en vialidad paralela.

DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION A INTERFERENCIAS TRANSVERSALES.

III.2 A) BY PASS CONVENCIONAL.

Una de las soluciones a las interferencias transversales es realizar un By Pass o paso lateral, que consiste en desviar la tubería tan cercana a su posición original como el procedimiento constructivo lo permita.

El cruce de la tubería con la estructura del Metro, se realiza sobre la losa superior utilizando tubería de acero en dicho tramo.

Esta alternativa se utiliza cuando el nivel de la

tubería no interfiere directamente con el perfil de la sección (interferencia indirecta), disponiéndose de la distancia suficiente entre el nivel del extrados y el nivel de la vialidad. Cuando se utiliza esta alternativa, el nivel original de la tubería no varía. (fig.III.5)

III.2 B) BY PASS CON SIFON.

Esta alternativa es una modalidad del caso anterior, con la diferencia de que en lugar de hacer un desvío al mismo nivel, es necesario sobre elevar localmente la tubería cruzando sobre el cajón del Metro (fig.III.6). Se emplea cuando se presenta una interferencia transversal directa, pero se cuenta con el colchón mínimo requerido entre el paño superior de la tubería y el nivel de la vialidad. Según las Normas Generales de Construcción, dicho colchón debe ser de 90.00 cm para tuberías hasta 60.00 cm de diámetro y una vez el diámetro para tuberías con diámetro igual o mayor de 91.00 cm.

III.2 C) BY PASS CON SIFON Y GALERIA DE PROTECCION.

Este tipo de solución a interferencias transversales directas es otra modalidad del primer caso, similar al anterior; se utiliza cuando no existe el colchón mínimo requerido descrito en el inciso anterior.

En esta alternativa es necesario colocar una galería de protección en la parte del cruce con la sección, de tal manera que se protega a la tubería de las cargas producidas

por el paso de vehículos y no se afecte el nivel de la vialidad. Las características y dimensiones de dicha galería están en función del diámetro de la tubería. (ver fig. III.7)

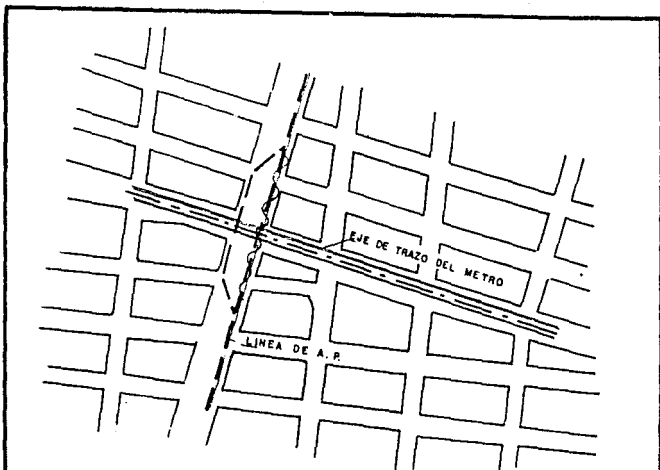
III.2 D) SOSTENIMIENTO.

Esta alternativa se puede llevar a cabo cuando se presenta una interferencia transversal de forma indirecta, y que el espacio entre el paño inferior y el extrados sea igual o mayor a 1.50 m. Además, el diámetro de la tubería debe ser mayor de 51.00 cm (20").

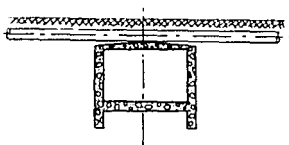
Este tipo de solución consiste en mantener a la tubería en su sitio durante la excavación del Metro, mediante soporte con un elemento estructural de sección "U". (fig. III.8).

III.2 E) SUSTITUCION.

Esta solución se utiliza en interferencias transversales indirectas, en donde el diámetro de la tubería es menor de 30.50 cm (12"); y consiste en la interrupción temporal del servicio en la línea y restitución posterior con tubería de acero.



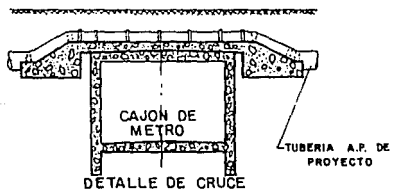
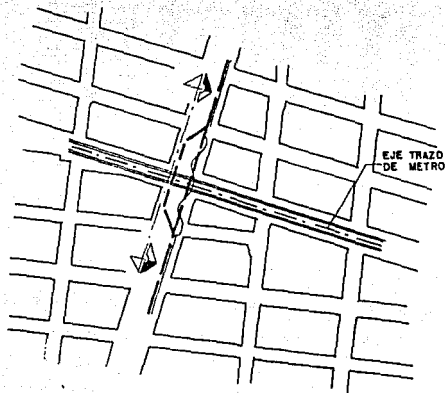
PLANTA DE LOCALIZACION



DETALLE

CRUCE SOBRE CAJON

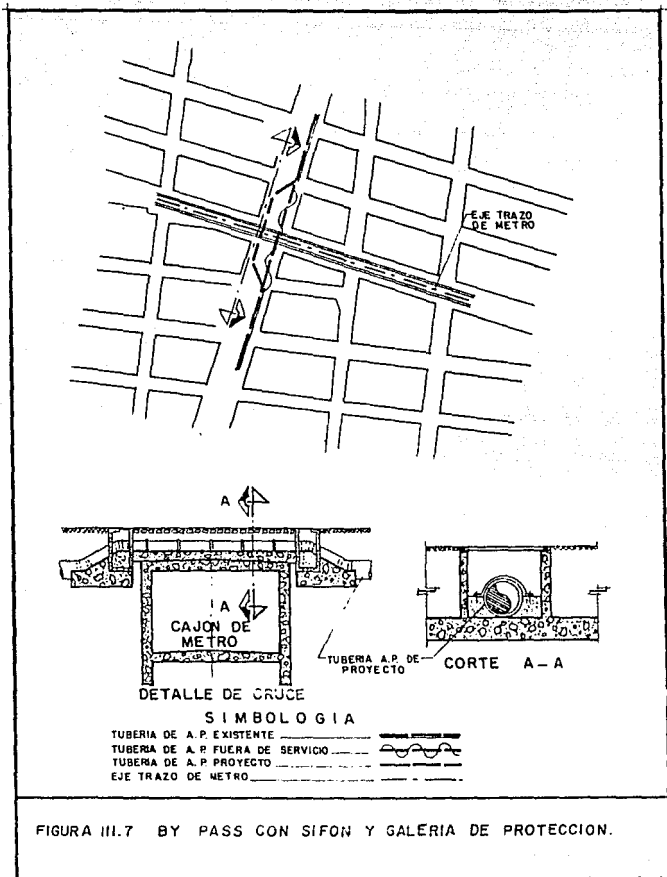
FIGURA III.5 BY PASS CONVENCIONAL

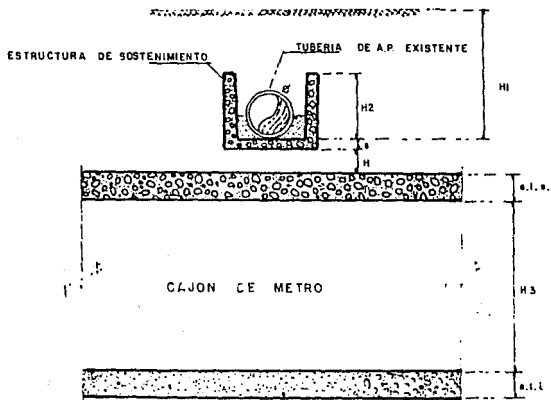


SIMBOLOGIA

- TUBERIA DE A.P. EXISTENTE
- TUBERIA DE A.P. FUERA DE SERVICIO
- TUBERIA DE A.P. PROYECTO
- EJE TRAZO DE METRO

FIGURA III.6 BY PASS CON SIFON





SECCION TRANSVERSAL A EJE DE LA
TUBERIA PRIMARIA DE A.P.

FIGURA III.8 SOSTENIMIENTO

III.2 F) DESCRIPCION DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION A INTERFERENCIAS LONGITUDINALES.

1. DESVID LARGO EN LA MISMA VIALIDAD.

Consiste en la relocalización de la tubería afectada en la misma calle o avenida sin afectar a las instalaciones que normalmente se localizan en la banqueta, tales como: alumbrado, teléfono, compañía de luz (Fig. III.9). Se puede llevar a cabo cuando el espacio disponible entre el paño de construcción del Metro y el paramento de edificaciones "S" sea igual o mayor a:

$$S \rightarrow D + B + 2.1 \text{ mínima ;}$$

donde:

D diámetro de la tubería (m)

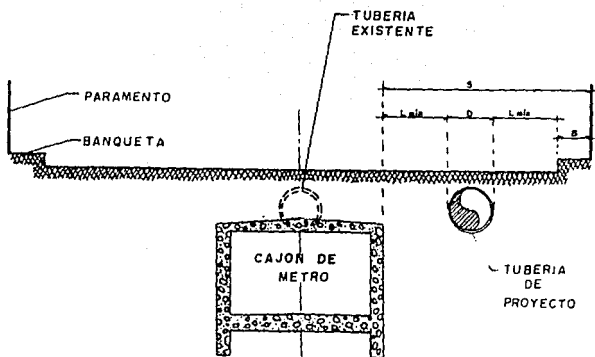
B Ancho de la banqueta (m)

S Espacio necesario (m)

La separación mínima (1) entre paños de la tubería y Metro o banqueta es de 4.00 m. Puede aceptarse una separación menor cuando el procedimiento constructivo lo permita.

disponible "S" o el mínimo necesario, y consiste en la reubicación de la tubería afectada a otra avenida o calle paralela, en la que se alojara en el eje del arroyo de vialidad o en una posición lateral, con la limitante que el espacio entre el paño de la tubería y el paramento de edificaciones no sea menor a 4.00 m. (fig III.10).

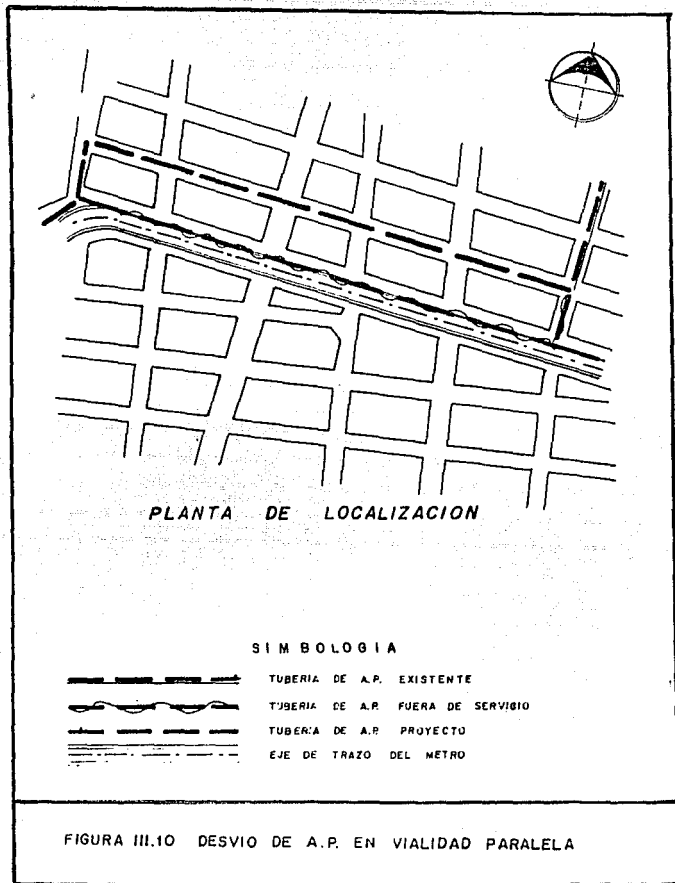
En la tabla III.1 se muestra la comparación de las alternativas de solución a interferencias longitudinales de agua potable.



SECCION TRANSVERSAL

S = ESPACIO DISPONIBLE
 $L_m = 4,00 \text{ m.}$
 D = DIAMETRO DE LA TUB.
 B = ANCHO DE BANQUETA

FIGURA III.9 DESVIO DE AGUA P. EN MISMA VIALIDAD



**ALTERNATIVAS DE SOLUCION A INTERFERENCIAS
LONGITUDINALES DE AGUA POTABLE**

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DESUDIO LARGO EN LA MISMA VIALIDAD	-- MENOR NUMERO DE DEFLEXIONES. -- CONCENTRACION DE LA OBRA.	-- MENOR SEGURIDAD EN LA EJECUCION DE LA OBRA. -- SE LIMITA A VIALIDADES MUY AMPLIAS -- SE PRECISA QUE EL TRAZO DEL METRO SEA LO MAS RECTO POSIBLE. -- EN OCASIONES REQUIERE DE AFEC- TACIONES A LOS PREDIOS.
DESUDIO LARGO EN VIALIDAD PARALELA	-- PERMITE EL EMPLEO DE MAYOR NUMERO DE FRENTE DE TRABAJO. -- MAYOR SEGURIDAD EN OBRA.	-- POSIBLE AFECTACION A OTRAS INSTALACIONES O VIALIDADES. -- MAYOR DESARROLLO. -- MAYOR COSTO. -- TRAZO SUPEDITADO A LA CONFI- GURACION URBANA.

(72)

TABLA No. III.1

**ALTERNATIVAS DE SOLUCION A INTERFERENCIAS
LONGITUDINALES DE AGUA POTABLE**

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
DESVIDO LARGO EN LA MISMA VIALIDAD	-- MENOR NUMERO DE DEFLEXIONES. -- CONCENTRACION DE LA OBRA.	-- MENOR SEGURIDAD EN LA EJECUCION DE LA OBRA. -- SE LIMITA A VIALIDADES MUY AMPLIAS -- SE PRECISA QUE EL TRAZO DEL METRO SEA LO MAS RECTO POSIBLE. -- EN OCASIONES REQUIERE DE AFEC- TACIONES A LOS PREDIOS.
DESVIDO LARGO EN VIALIDAD PARALELA	-- PERMITE EL EMPLEO DE MAYOR NUMERO DE FRENDES DE TRABAJO. -- MAYOR SEGURIDAD EN OBRA.	-- POSIBLE AFECTACION A OTRAS INSTALACIONES O VIALIDADES. -- MAYOR DESARROLLO. -- MAYOR COSTO. -- TRAZO SUPEDITADO A LA CONFI- GIACION URBANA.

(72)

TABLA No. III.1

III.2 B) SELECCION Y DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA.

Descritas las posibles soluciones, se procederá al análisis de las condiciones físicas, técnicas y económicas en términos de menor desarrollo, hasta la determinación de la solución adecuada.

A continuación se describe la solución adoptada para cada una de las interferencias detectadas. En estas soluciones no se consideró la de sustitución debido a que se tratan de líneas primarias y no es posible interrumpir su servicio durante un tiempo prolongado.

CASO (1). TUBERIA EN J. A. TORRES (36" Ø).

Para este caso se adoptó la solución de By Pass con sifón y galería de protección, dado que tanto el By Pass convencional como el sostenimiento no fueron posibles aplicar debido a que se trataba de una interferencia directa, así mismo fué necesario proteger la tubería con una galería de concreto, debido a que el colchón sobre la tubería es apenas el mínimo necesario y principalmente por ser una vialidad de primera importancia donde el tránsito vehicular es de alta intensidad con todo tipo de autotransportes.

DESCRIPCION DE LA SOLUCION.

Debido a que la tubería se localiza próxima al paramento Oriente de la calle, el desvío se realizó hacia el Poniente, iniciando con una silleta de derivación en 76.00 cm (30") e inmediatamente una válvula de seccionamiento del mismo diáme-

tro, posteriormente se aplicaron dos deflexiones con codos de 45° para reducir las pérdidas locales y llevar el trazo de proyecto paralelo a la línea original. En la zona de cruce con el cajón del Metro se realizaron cuatro deflexiones verticales de 45° con tubería de acero dada su gran facilidad para el manejo de cualquier deflexión en el tramo del sifón, para esto fue necesario utilizar juntas macánicas como punto de transición entre la tubería de acero y la de concreto preesforzado, además de cumplir con la función de proporcionar flexibilidad a la tubería en caso de movimientos diferenciales entre el cajón y el terreno adyacente.

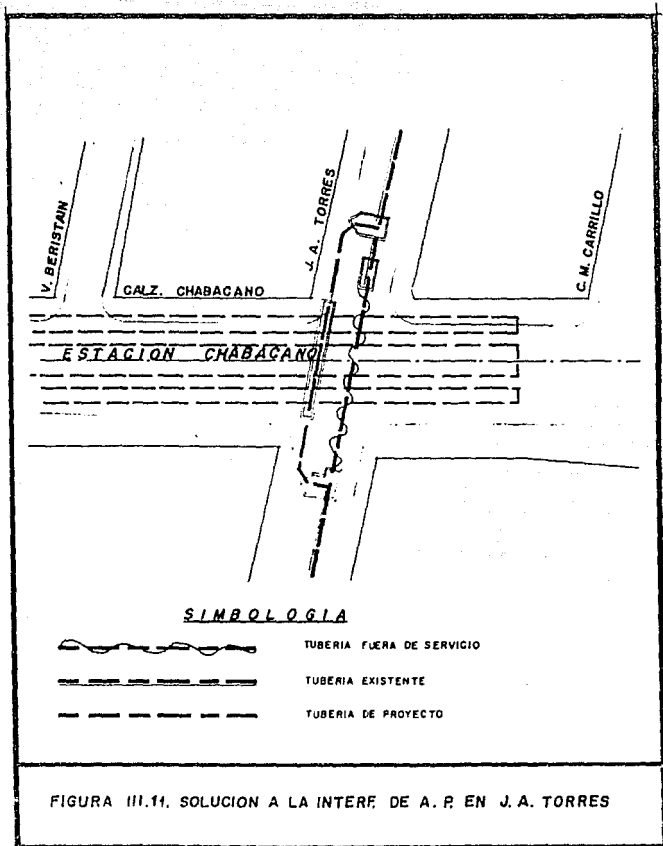
Después del cruce con el cajón se aplicaron dos deflexiones de 45° para ubicar la tubería perpendicular a la existente y finalmente lograr su conexión utilizando las mismas piezas que en el cruce de partida. (ver fig. III.11).

En este desvío se utilizaron las siguientes estructuras especiales:

- Cajas de Conexión
- Galería de Protección
- Atraques Convencionales

Dentro de los accesorios utilizados se encuentran:

- Válvula de desfogue
- Válvula de admisión y expulsión de aire
- By Pass en válvula de seccionamiento.



CASO (2). TUBERIA EN DR. ANDRADE. (48" ϕ).

En este caso, debido a la presencia del colector 10 sobre la avenida central, el tendido original de esta línea se llevó a cabo previo hincado de una tubería de acero de 1.83 m de diámetro en cuyo interior quedó instalada la línea de 1.22 m de diámetro, situación que obligó a profundizar localmente su instalación quedando a una profundidad de 5.50 m aproximadamente propiciado una interferencia directa, por lo tanto la solución adoptada, conceptualmente, fue la misma del caso anterior; es decir, consistió en una By Pass con sifón y galería de protección.

DESCRIPCION DE LA SOLUCION ADOPTADA.

Probablemente, debido al sistema empleado en la instalación de esta tubería en el cruce con la avenida Central, el trazo resultante es irregular, ya que del lado Norte de esta avenida la tubería se localiza próxima al paramento Oriente y al lado Sur próxima al paramento Poniente.

Como podrá observarse en plano (1), el espacio disponible no era suficiente para realizar el desvío hacia uno de los paramentos, es decir que resultará paralelo al trazo original, por lo tanto dadas las condiciones de espacio y desarrollo de las piezas en la conexión entre la línea existente y la del proyecto, el desvío tuvo que adoptar un trazo más sinuoso y en forma de "s".

Cabe mencionar que otra particularidad de este desvío, es de que la tubería instalada en el lado Norte es del tipo

Comecop, mientras que al Sur es del tipo Lock Joint. Esta diferencia en el tipo de tubería instalada hizo necesario la aplicación de distintos criterios de conexión.

Para el caso de tubería Comecop (crucero), el desvío terminó con la sustitución de un trazo estándar de tubería por una serie de adaptadores con los extremos apropiados para la conexión a la tubería instalada entre los cuales se incluye una "TE", en la cual inicia propiamente el desvío. En seguida se aplicaron dos deflexiones horizontales de 45° de tal manera de obtener un trazo paralelo al original, y después de 20.258 m una pequeña de $7^\circ 30'$ para cruzar normal al eje de trazo. En la intersección con la línea del Metro se utilizó tubería de acero, igual al caso anterior, empleando también dos juntas mecánicas para la unión de los dos tipos de tuberías, a cada lado del cajón del Metro. Para realizar el sifón se aplicaron dos deflexiones verticales de 30° e igual cantidad y magnitud al final para recuperar el nivel de la tubería instalada. Posteriormente se aplicaron dos pequeñas deflexiones de $2^\circ 14'$ y $7^\circ 30'$, y luego de 20.258 m dos de 45° obteniendo un sentido ortogonal al trazo original. El desvío se finalizó con una silleta de derivación. (ver fig III.12).

En este desvío se utilizaron las estructuras especiales y accesorios empleados en el caso anterior, cuya descripción se presentará a detalle en el capítulo IV.

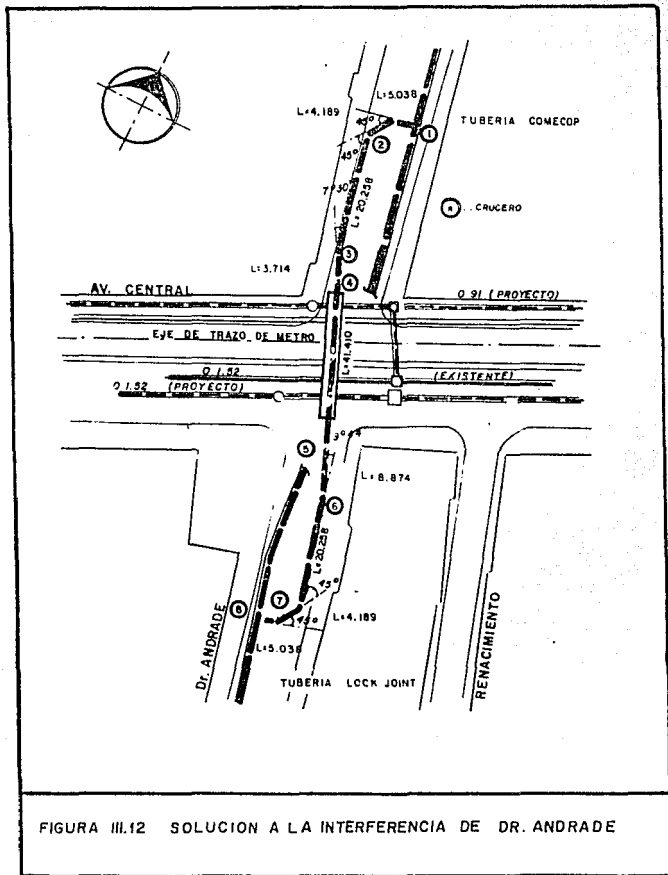


FIGURA III.12 SOLUCION A LA INTERFERENCIA DE DR. ANDRADE

CASO (3). TUBERIA EN DR. JIMENEZ. (36" ϕ).

Como se mencionó en el subcapítulo III.1, la interferencia que presentó esta instalación fue tanto longitudinal como transversal, por tal motivo fue necesario utilizar una solución combinada mediante un desvío largo y By Pass con galería de protección respectivamente.

DESCRIPCION DE LA SOLUCION ADOPTADA.

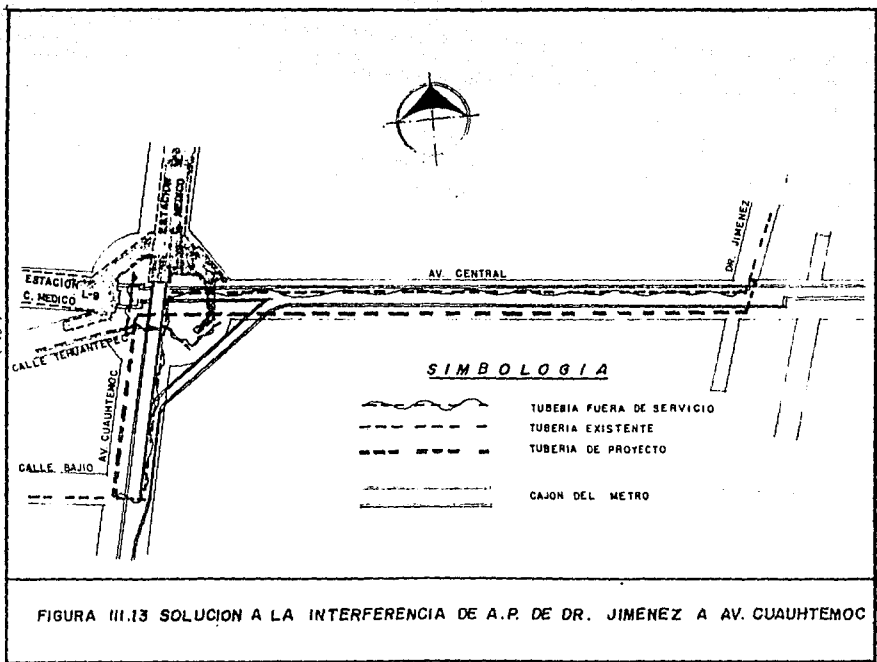
La solución consistió en un desvío largo en la misma vialidad tanto en av. Cuauhtemoc como en av. Central, iniciando en la av. Cuauhtemoc en la intersección con la calle Bajío donde se ubica la tubería próxima al paramento Poniente hasta llegar a la av. Central, donde mediante una deflexión de 90° se aloja en dicha avenida próxima al paramento Sur, ya que el espacio disponible así lo permitió. Continuando alojada en dicha avenida se presentó el cruce con la sección de la línea 3 y la pasarela de acceso a la estación Centro Médico, lo cual se solucionó por medio de un sifón con galería de protección. Posterior a esta solución se presentó otro cruce, ahora con la espuela de enlace de línea 9 con línea 3, en éste caso no fue necesario alterar el nivel de desplante de la tubería, por lo que fue necesario instalar tubería de acero.

Finalmente al llegar a la calle Dr. Jiménez, por medio de una deflexión de 88° 53', toma dirección Norte para cruzar la sección de línea 9 utilizando la solución de sifón con galería de protección. (fig III.13).

Las soluciones de sifón con galería de protección así

como las conexiones entre la línea de proyecto y la existente, se realizaron de acuerdo con los criterios mencionados en los casos anteriores.

(18)



III.3 DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA DRENAJE.

El sistema de drenaje, se encarga de los servicios de recolección, conducción y evacuación de las aguas servidas y pluviales de la ciudad. La evidente importancia de este sistema lo ubica como uno de los aspectos que deben ser analizados para la definición del trazo y perfil de una línea de Metro con objeto de evitar interferencias con estas instalaciones, sin embargo cuando son inevitables, los planteamientos de solución a éstas, deberán tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

1. Mejorar las condiciones originales del sistema, rectificando las pendientes de los tramos afectados y dotándolos de las estructuras necesarias para la inspección y ventilación.
2. Apegarse a las disposiciones técnicas de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH).
3. Evitar contrapendientes en las tuberías y la aportación excesiva de las mismas, y en su caso dotarlas del diámetro y/o pendiente adecuada para las condiciones esperadas.
4. Coordinar el proyecto con el procedimiento constructivo para evitar la interrupción del servicio.

Tomando como base estas consideraciones y de acuerdo con las características de las interferencias que presentó el "Colector 10" se procedió al planteamiento de las alternativas, cuya descripción se presentan a continuación en forma somera.

Las interferencias longitudinales se pueden solucionar mediante:

- Trazo en misma vialidad. y
- Trazo en vialidad paralela.

Mientras que las transversales mediante:

- Desvíos puntuales.

III.3 A) TRAZO EN MISMA VIALIDAD.

Esta solución consiste en reubicar la tubería afectada en la misma calle o avenida, siempre y cuando no se afecten otras instalaciones tanto de arroyo como de banqueta, tales como: teléfonos, instalaciones eléctricas y alumbrado. Además se debe contar con el espacio suficiente entre el paño de construcción del cajón del Metro y el paramento de edificaciones.

La tubería podrá colocarse al centro de dicho espacio, a una distancia libre entre el paramento de construcción y tubería de:

$$S = B + l \text{ mínima}$$

donde:

B ancho de la banqueta (m)

S espacio necesario (m)

También se puede ubicar a 4.00 m del paño de la estructura

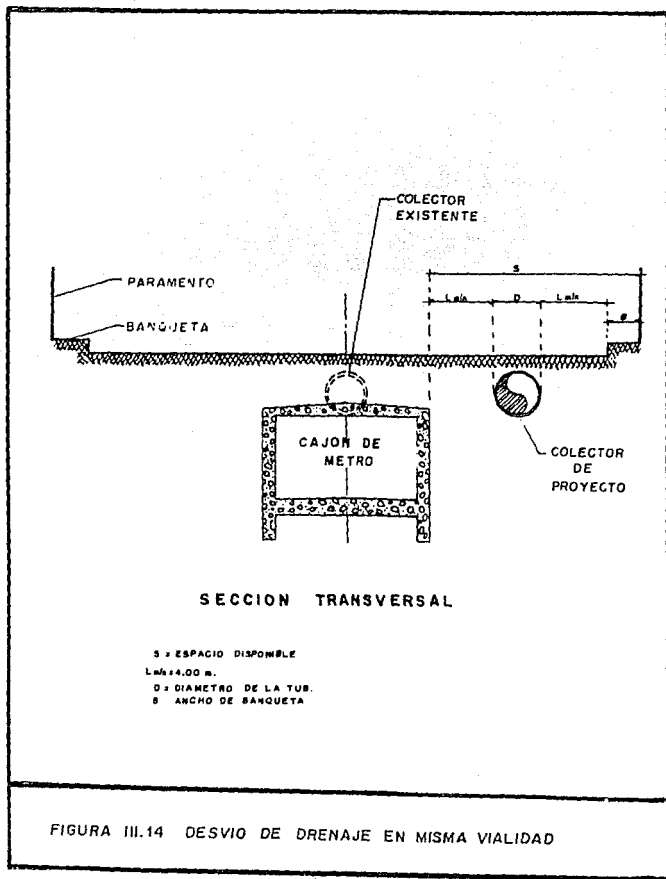
del Metro.

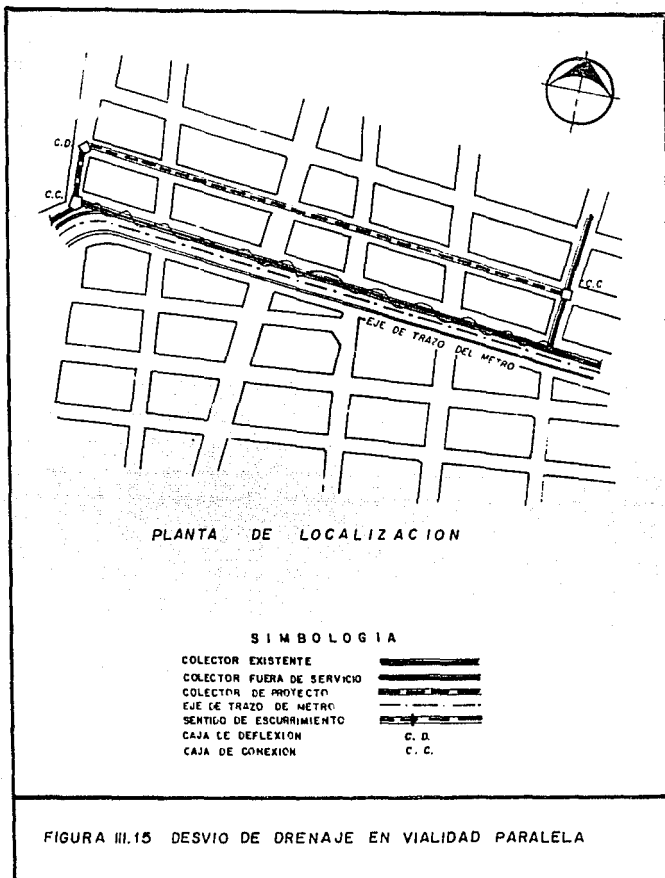
En cualquiera de las opciones la separación entre la tubería y otras estructuras no será menor de $l = 4.00$ m. Esta solución se ilustra en la figura III.14.

III.3 B) TRAZO EN VIALIDAD PARALELA.

Consiste en la reubicación de la tubería afectada en otra avenida o calle paralela, de acuerdo a la traza urbana de la zona. En esta alternativa la tubería se alojará en el eje del arroyo de vialidad o en una posición lateral, con la limitante que el espacio entre en paño de la tubería y el paramento de edificaciones no sea menor a 4.00 m. (ver figura III.15).

La tabla No. III.2 presenta una comparación de ambas soluciones.





**ALTERNATIVAS DE SOLUCION A INTERFERENCIAS
LONGITUDINALES DE DRENAJE**

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRAZO EN MISMA VIRALIDAD	-- MENOR NUMERO DE DEFLEXIONES. -- SE OBTIENE UNA PENDIENTE EN EL DESVIO SIMILAR A LA EXISTENTE. -- MENOR DESARROLLO. -- CONCENTRACION DE LA OBRAS.	-- MENOR SEGURIDAD EN LA EJECUCION DE LA OBRA. -- SE LIMITA A VIRALIDADES MUY AMPLIAS. -- SE PRECISA QUE EL TRAZO DEL MISMO SEA LO MAS RECTO POSIBLE. -- EN ORACIONES ADICIONALES DE AFECTACIONES A LOS PREDIOS.
TRAZO EN VIRALIDAD PARALELA	-- PERMITE EL EMPLEO DE MAYOR NUMERO DE FRENTES DE TRABAJO. -- MAYOR SEGURIDAD EN OBRA.	-- POSIBLE AFECTACION A OTRAS INSTALACIONES O VIRALIDADES. -- MAYOR DESARROLLO. -- MAYOR COSTO. -- TRAZO SUPERIOR A LA CONFIGURACION URBANA.

(87)

TABLA No. III.2

III.3 C) DESVIOS PUNTUALES.

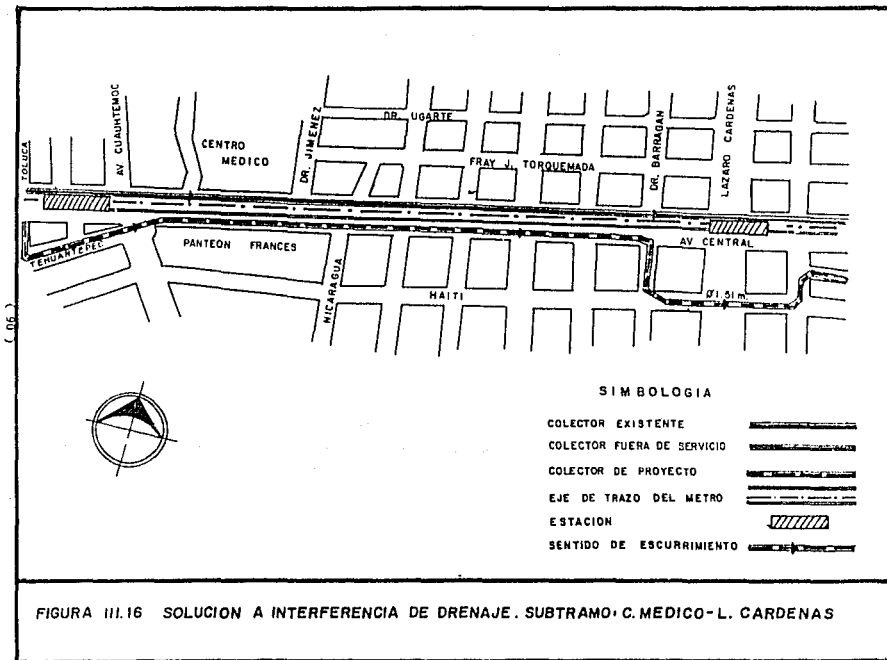
Consiste en la reubicación local del colector en las zonas en que es afectado directamente por la estructura del Metro. Esta solución presenta algunas ventajas como: menor desarrollo, la obtención de una pendiente en el desvío similar a la existente, pero dentro de las desventajas se pueden mencionar las siguientes: obliga una depresión en el perfil del Metro, es posible la afectación a otras instalaciones o predios, y se presentan cambios bruscos de dirección.

III.3 D) SELECCION Y DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA DEFINITIVA.

Una vez establecidas las ventajas y desventajas en cada una de las alternativas de solución a las interferencias de drenaje, se presentará la descripción de la solución definitiva, destacando los aspectos principales que influyeron en su determinación, especialmente los casos en que el factor espacio fue decisivo. Debido a que la magnitud del desvío, se consideró conveniente dividir el tramo de estudio en tres subtramos, haciéndolos coincidir con los de intersecciones: Centro Médico-Lázaro Cárdenas, Lázaro Cárdenas-Chabacano, y Chabacano-Jamaica. La descripción se presentará de acuerdo al sentido del flujo en las tuberías, tomando como punto de partida la estación Centro Médico.

SUBTRAMO CENTRO MEDICO - LAZARO CARDENAS.

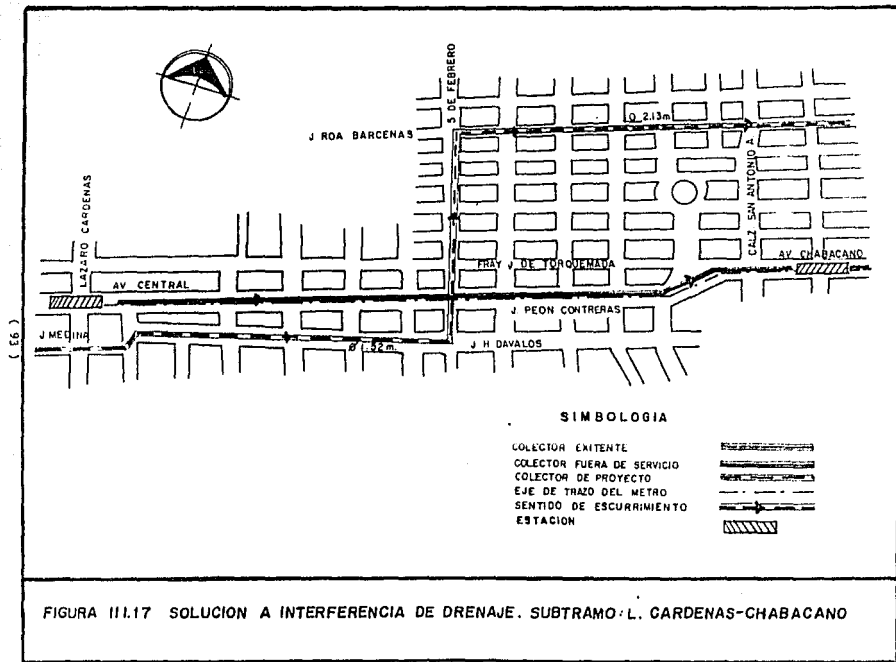
Debido a que la estación Centro Médico en su desarrollo ocupó toda la vialidad, el desvío del colector tuvo que iniciarse al Poniente de dicha estación, ubicando una caja de conexión con un ángulo de incidencia de 80° para dirigirlo hacia el Sur por la calle Toluca hasta llegar a la calle Tehuantepec, en la que se aloja después de dos deflexiones de 45° . Siguiendo por el eje de esta calle llega a la av. Cuauhtemoc donde se conecta al sifón existente para el cruce con línea 3, posterior a este, mediante otras dos deflexiones de 45° se sitúa en la av. Central próxima al paramento Sur y paralelo al colector original dado el espacio disponible en la zona. Al llegar a la calle Dr. Barragán por la presencia de la estación Lázaro Cárdenas, fue necesario desviar nuevamente el curso hacia el Sur por medio de dos deflexiones inmediatas, la primera de $36^{\circ} 26'$ y la segunda de $63^{\circ} 24'$ ubicando la tubería en dicha calle hasta la intersección con la calle Dr. Boláños, por donde sigue después de dos deflexiones de 45° hasta cruzar el Eje Central. (ver fig.III.16).



SUBTRAMO LAZARO CARDENAS - CHABACANO.

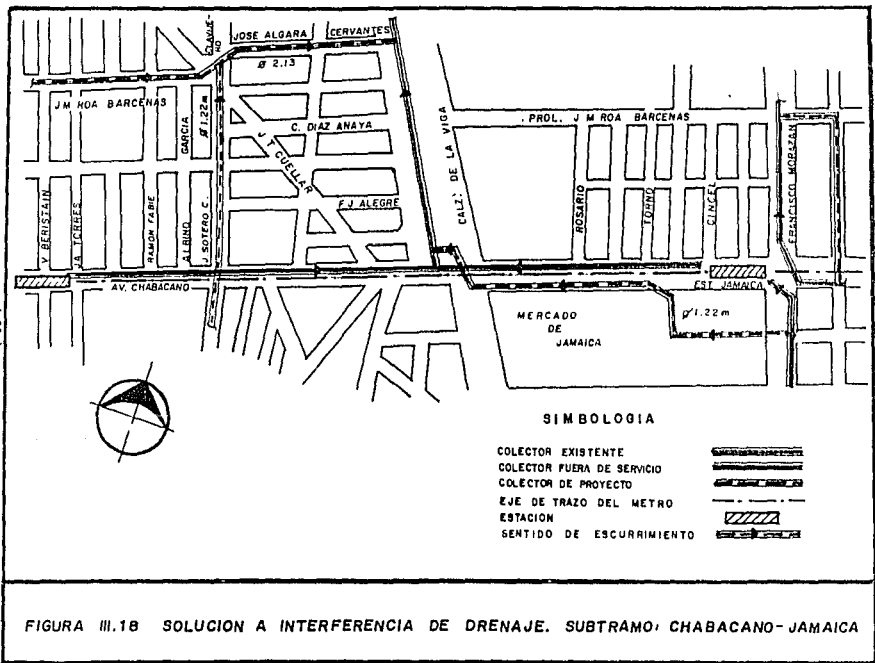
La solución en este subtramo inicia después del cruce con el Eje Central, continuando por la calle J. Medina hasta llegar a la calle E. Granados, donde se produce un cambio de dirección hacia el Norte utilizando deflexiones consecutivas de $39^{\circ} 49'$ y $54^{\circ} 12'$ alojando la tubería en la calle antes mencionada con un diámetro de 1.52 m, continuando con sentido Norte se llega a la intersección con la calle J. Hernández Dávalos produciéndose un nuevo cambio de dirección al Oriente por medio de deflexiones de 45° , logrando así el objetivo de librar la zona de la estación Lázaro Cárdenas. Prosiguiendo sobre la calle J. Hernández Dávalos se llega al entronque con la calle 5 de Febrero, donde utilizando deflexiones de 45° se recobra el sentido Norte, ubicando la tubería en dicha calle, para después al llegar a la av. J. Peón Contreras se verifica el cruce con la línea 9; dicho cruce se solucionó deprimiendo el perfil del Metro, logrando así pasar la tubería sobre el cajón sin modificar su pendiente. Posterior al cruce con la sección del Metro fue necesario colocar un pozo tipo caja, instalado en la calle Fray J. de Torquemada, con dicho pozo se recibió la aportación del colector de 1.22 m procedente del Poniente, después de dicha conexión el desvío continúa sobre la calle 5 de Febrero, ahora con diámetro de 2.13 m hasta llegar a la calle J. M. Roa Bárcenas donde nuevamente cambia de dirección al Oriente con dos deflexiones, una de 60° y otra de $28^{\circ} 12'$. En este sitio se presenta el cruce con la futura línea 8, motivo por el cual fue necesario realizar una preparación utilizando una galería de sostenimiento previendo el cruce por la parte superior del cajón.

La parte final del tramo continúa en la calle antes mencionada, hasta antes de cruzar la calzada San Antonio Abad. (ver fig III.17).



SUBTRAMO CHABACANO - JAMAICA.

El desvío de este subtramo continúa sobre la calle J. M. Roa Bárcenas con una tubería de 2.13 m de diámetro, alojada próxima a su paramento norte hasta llegar a la Calzada San Antonio Abad, donde debido a la presencia de la línea 2 del Metro y ante la imposibilidad de suspender el servicio, fue necesario un procedimiento constructivo especial, el cual se detallará en el capítulo V, después del cruce con ésta calzada el desvío prosigue sobre la misma calle hasta la intersección con la calle Albino García, en donde se realiza un cambio de dirección de 28° , cabe señalar que antes de esta intersección se encuentra una caja de conexión cercana a la calle Ramón Fabie, la cual permitirá la derivación al drenaje profundo mediante un dispositivo que se describirá en el capítulo VI; después del cambio de dirección, al llegar a la calle Clavijero, mediante una caja de conexión se capta al colector Francisco Ayala de diámetro 1.22 m procedente de Calzada San Antonio Abad, para posteriormente con una deflexión de 60° seguir hacia el norte sobre la calle antes mencionada. En la unión con la calle José Algara Cervantes, se producen dos deflexiones, de 45° y 37° , de tal manera que toma el curso de dicha calle hacia el oriente hasta el entronque con Calzada de la Viga donde se realiza la conexión al colector "La Viga" de diámetro 2.20 m y así recobrar el desfogue original. (ver figura III.18).



IV. PROYECTO DEFINITIVO DE AGUA POTABLE.

Una vez seleccionada la alternativa que presentó las mejores condiciones para el desvío, se procedió a efectuar el proyecto definitivo, dicho proyecto comprende los aspectos siguientes:

- a) trazo geométrico,
- b) piezas especiales y accesorios,
- c) estructuras especiales
- d) procesos constructivos, y
- e) análisis hidráulico.

Debido a que la solución adoptada para los tres casos de interferencias con líneas primarias es similar, como se describió en el capítulo III, se optó por solo dar a conocer el proyecto definitivo de una de ellas, la que a nuestro juicio se consideró de mayor representatividad.

En este caso la interferencia ubicada en la calle Dr. Andrade, fué la que presentó una mayor amplitud en su solución, por tal motivo se eligió para desarrollar su proyecto.

IV.1 TRAZO GEOMETRICO.

DESCRIPCION.-

Consiste en la determinación precisa de la trayectoria del desvío, tanto en su desarrollo como en la ubicación y características de las piezas a utilizar.

El trazo geométrico se puede dividir en tres etapas. La

primera consiste en la elaboración de un diseño geométrico preliminar de gabinete, el cual se realiza sobre un levantamiento planimétrico en escala 1:500; en esta planimetría se ubican los datos recopilados en los estudios preliminares, tales como: trazo de la línea del Metro, galibos y el levantamiento de instalaciones municipales.

La segunda etapa consiste en la verificación en campo del diseño propuesto, esto se realiza con el apoyo de una brigada de topografía, con la finalidad de determinar con exactitud las longitudes entre cruceros y las deflexiones en los mismos, así como la referenciación del trazo.

Una vez conocidos los resultados de la segunda etapa, la tercera consiste en la determinación de las características de las piezas que integran el desvío; dentro de estas características se encuentran: longitud, tipos de extremos, conexiones secundarias, deflexiones, piezas y accesorios, y tipo de materiales.

Para el caso de la tubería Dr. Andrade, antes de proceder al diseño geométrico fué necesario consultar los catálogos de los fabricantes de tubería y piezas especiales, por tal motivo, primero se presentará la descripción de los tipos de tuberías más utilizadas en la ciudad de México, así como las piezas especiales más empleadas.

En la ciudad, para diámetros entre 20" y 24" se utiliza tubería de asbesto-cemento. Para diámetros mayores de 24" se emplea tubería de concreto preesforzado, esto es debido a que proporciona una mayor seguridad por su alta resistencia, además el rango de presiones de trabajo es más amplio.

En tuberías de concreto preesforzado, existen dos tipos comúnmente utilizados en obras de gran magnitud.

La primera consiste en un cilindro de acero sellado con soldadura continua y ahogado en el concreto. El tubo está provisto de juntas flexibles de acero de sección especial soldada al cilindro y anclada a la estructura. El cilindro tiene un recubrimiento en su parte interior mediante una capa de concreto de aproximadamente 2.54 cm (1"). El núcleo de concreto es comprimido mediante un alambre de alta resistencia y protegido con una capa densa de concreto, la junta sellará a través de un empaque de hule permitiéndole absorber asentamientos del terreno adyacente.

La segunda está constituida por un refuerzo de acero pretensado tanto transversal como longitudinalmente. Su fabricación consiste en dos etapas; en la primera se elabora un tubo de concreto con refuerzo de acero pretensado en forma longitudinal, en la segunda se le zuncha con alambre de acero de alta resistencia y se le coloca un revestimiento de concreto con bajo contenido de agua, para una mayor protección del acero a la corrosión. La hermeticidad en estos tubos se logra mediante una junta de hule autocentrable que se coloca en la ranura circular.

IV.2 PIEZAS ESPECIALES Y ACCESORIOS.

IV.2.1 PIEZAS ESPECIALES.

Las piezas especiales más utilizadas en proyectos de líneas primarias de agua potable son:

- codos,
- tes,
- reducciones,
- silletas de derivación,
- biseles,
- adaptadores, y
- tubos cortos.

Estas piezas son construidas con alma de acero cuyo espesor está en función de las cargas de trabajo a que serán sometidas, el acero es protegido mediante un recubrimiento con concreto interior y exterior. Los extremos de las piezas especiales se fabrican según se requieran para su utilización en el desvío; por ejemplo: bridados, con campanas, con espiga o lisos. A continuación se describen las características y funciones de las piezas empleadas en el desvío.

SILLETA DE DERIVACION.-

Esta pieza tiene como función desviar ó derivar el flujo de una conducción. se emplea sobre un tubo instalado de diámetro superior, al cual se le abraza mediante zunchos de acero, para posteriormente demoler la zona de conexión, efectuando de esta forma la derivación. Esta pieza permite que la

derivación se lleve a cabo con una suspensión breve del servicio.

ADAPTADOR RECTO.-

Es de gran utilidad cuando se desea colocar la tubería en sentidos combinados, ya que sus extremos se fabrican comúnmente con dos espigas o dos campanas y en casos especiales con cualquier tipo de extremo. Además permite efectuar el ajuste o cierre del tendido de tubería por la utilización de una campana deslizante en su extremo. La longitud mínima de fabricación es de 0.55 m.

TUBOS CORTOS.-

Estos tubos son utilizados para realizar ajustes en tramos donde la longitud requerida sea menor a la de la tubería estándar, ya que su fabricación es sobre pedido para la longitud deseada.

BISELES.-

Esta pieza, en realidad se trata de codos de poca graduación.

IV.2.2. ACCESORIOS.

Para el adecuado funcionamiento de toda conducción es necesario la instalación de accesorios, éstos son ubicados principalmente en los puntos altos para expulsión y admisión de aire y en las partes bajas para desfogue y mantenimiento.

En seguida se describen las características y funcionamiento de los accesorios utilizados en el desvío seleccionado.

- VALVULAS DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE.

Estas válvulas se emplean principalmente en los puntos altos de las líneas a presión y en aquellos sitios donde comúnmente se acumule o bien se desee liberar aire; ya que de no emanciparse reduce la sección del paso de agua provocando disminución en su rendimiento; también, tiene la función de admitir aire para evitar el colapso en caso de presentarse una presión negativa. Su funcionamiento es mediante una esfera flotante que desciende para abrir y asciende con el líquido hasta sellar la abertura superior. Son fabricadas en tamaños de 1" a 4" para presiones hasta de 600 lbs.

- VALVULAS DE DESFOGUE.

Este tipo de válvulas se instalan en los puntos bajos de la conducción, teniendo como función descargar el agua cuando se requiera mantenimiento.

- VALVULA DE SECCIONAMIENTO TIPO MARIPOSA.

Se usan principalmente para controlar el flujo de la conducción, operando cerradas o abiertas en su totalidad. Consisten en un disco colocado dentro del cuerpo de la válvula, controlado mediante un eje. En la posición de cierre, el disco sella contra un asiento elástico o de metal. La palanca de mando indica la posición del disco y tiene topes mecánicos para evitar que el disco se desplace excesivamente al cerrar o abrir. Las válvulas de mariposa pueden instalarse entre dos tubos bridados en poco espacio; se fabrican en tamaños desde 2" hasta 72", soportando presiones hasta de 700 lbs.

- BY PASS (ACCESORIO COMPUESTO).

Este paso lateral es utilizado para equilibrar presiones en ambos lados de la válvula de seccionamiento tipo mariposa, con lo cual se logra una operación más fácil, además de evitar el posible pandeo de su disco. El By Pass esta integrado por dos válvulas de compuerta, dos codos de fo.fo. bridados, dos extremidades de acero y una junta gibault.

Una vez conocidos los tipos de tuberías y piezas especiales a utilizar, se procedió a la elaboración del desvío. Para esto fue necesario conocer dos parámetros importantes, que son las longitudes total y aprovechable de las piezas a utilizar.

LONGITUD TOTAL. Es la suma de la longitud de la pieza más sus extremos, tales como: bridas, espigas y campanas.

LONGITUD APROVECHABLE. Si se designa como extremo derecho a la campana y a la espiga como izquierdo, la longitud aprovechable será la suma de la pieza más la campana.

$$LA = \text{TRAMO CENTRAL} + \text{CAMPANA}$$

Para ejemplificar el procedimiento para el cálculo de la longitud aprovechable de las piezas especiales, se presenta el siguiente ejemplo:

En éste, se calculará la longitud aprovechable de una TE sencilla con diferentes extremos, esta pieza no se encuentra incluida en el proyecto definitivo, sin embargo dada la variedad de extremos resulta un ejemplo bastante objetivo.

TEES (SALIDAS SENCILLAS MAYORES DE 24")
 " SP-1, SP-3, SP-12, SP-16
 COMBINACIONES DE ESPECIFICACION
 ESPIGA, CAMPANA Y BRIDA

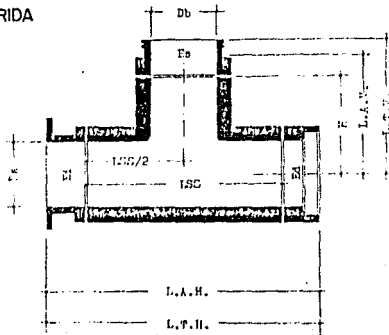


TABLA Nº 1.- IGC

Db	IGC
0.76 M (30")	1.829
0.91 M (36")	1.829
1.07 M (42")	2.134
1.22 M (48")	2.438
1.37 M (54")	2.438
1.52 M (60")	2.591
1.65 M (72")	3.0411

EJEMPLO DEL CALCULO DE LA LONGITUD APROVECHABLE DE UNA TE

(105)

TABLA Nº 2.- II

D _a	H
0.76 M (30")	0.710
0.91 M (36")	0.838
1.07 M (42")	0.914
1.22 M (48")	0.991
1.37 M (54")	1.067
1.52 M (60")	1.195
1.63 M (72")	1.347

TABLA Nº 3.- Fl, El, Es

D _a o D _c	ESP	CAM	FSP	CAM	RRIDA
	SP-1,3,12	SP-1,3,12	SP-16	SP-16	
0.76 M (30")			0.019	0.121	0.351
0.91 M (36")	0.098	0.124	0.019	0.122	0.321
1.07 M (42")			0.019	0.127	0.405
1.22 M (48")	0.124	0.124	0.019	0.143	0.477
1.37 M (54")			0.019	0.156	0.477
1.52 M (60")					0.475
1.63 M (72")	0.114	0.149			

TABLA Nº 4.- P.J. SOLO ESPIGAS

D _a o D _b	P.J. ⁺ SP-1,3,12	P.J. ⁺ SP-16
0.76 M (30")		0.098
0.91 M (36")	0.076	0.104
1.07 M (42")		0.107
1.22 M (48")	0.095	0.114
1.37 M (54")		0.127
1.63 M (72")	0.095	

* CONSIDERANDO 1 CM DE HOLGURA

NOMENCLATURA:

- D_a = Diámetro de flujo principal: D_a > D_b
- D_b = Diámetro de derivación
- E_i = Extremo izquierdo
- E_d = extremo derecho
- E_s = Extremo superior
- IES = Longitud de cilindro principal
- L.T.H. = Longitud total horizontal
- L.A.H. = Longitud aprovechable horizontal
- H = Longitud de rama superior
- L.T.V. = Longitud total vertical
- L.A.V. = Longitud aprovechable vertical

$L.T.H. = I.S. + H + E_d$

$L.T.V. = H + E_s$

$L.A.H. = L.T.H. - P.J.E_i - P.J.E_d$

$L.A.V. = L.T.V. - P.J.E_s$

EJEMPLO DEL CALCULO DE LA LONGITUD APROVECHABLE DE UNA TE

EJEMPLO:

Tea de 48" Ø brida por campana SP-12 con ramal de 36" espiga SP-12.
De donde: Da= 48"; Db= 36"

SOLUCI 1:

1º De la tabla Nº 1 determinar ISS con la rama de derivación; en este caso Db= 36" $.L.SS= 1.829$ m.

2º De la tabla Nº 2 determinar H con el diámetro de flujo principal; en este caso Da= 48" $.H= 0.991$ m.

3º De la tabla Nº 3 determinar la longitud restante de cada tipo de extremo; en este caso: E1= Brida de 48"= 0.427 m.

E2= Campana de 48" SP-12 = 0.124 m.

E3= Espiga de 36" SP-12 = 0.098 m.

4º De la tabla Nº 4 determinar las profundidades de junta solamente en los extremos que terminen en espigas; en este caso:

F.J.Es= 0.076 m.

5º Determinar con las fórmulas las longitudes totales y aprovechables; en este caso:

L.T.H.= $1.829 + 0.427 + 0.124 = 2.38$ m.

L.A.H.= $2.380 - 0 - 0 = 2.38$ m.

*Los extremos que terminen en campana o brida no sufrirán reducción.

L.T.V.= $0.991 + 0.098 = 1.089$ m.

L.A.V.= $1.089 - 0.076 = 1.013$ m.

TRAZO GEOMETRICO.

a) PRIMERA ETAPA.

Una vez conocidos los elementos que integran un desvío de una línea primaria de agua potable, así como la forma de calcular la longitud aprovechable de las piezas a utilizar, se procedió a la realización en gabinete del diseño geométrico; la solución adoptada se muestra en la figura III.12.

El desvío se inicia aproximadamente a 6.00 m del paramento Oriente, donde por medio de una Te se cambia su trayectoria hacia el Poniente en una longitud de 5.04 m, para posteriormente con dos codos de 45° se dirige hacia el Sur. Al alcanzar una longitud de 20.26 m fué necesaria una deflexión de $7^\circ 30'$ con el objeto de realizar el cruce con el cajón del Metro prácticamente perpendicular, además de esta forma la tubería se alojaria próxima al paramento Oriente propiciand así el espacio necesario para su adecuada conexión, ya que el trazo irregular de la tubería instalada pasaba del paramento Oriente al Poniente anulando el espacio necesario para su interconexión por ese lado. Posterior a una longitud de 41.41 m se verifica una deflexión de $9^\circ 44'$ para alinearse paralela al paramento, después de una tangente de 20.26 m se colocan nuevamente dos codos de 45° en un tramo de 4.19 m, preparando con esto el cierre del desvío, el cual se logra mediante la instalación de una silleta de derivación y del despiece necesario, con un desarrollo de 5.04 m.

En resumen, el desvío tiene una longitud total de 109.50 m aproximadamente y consta de ocho cruceros, además se se proyectaron dos cajas de válvulas en las zonas de "peque"

y una galería de protección para el cruce con el cajón del Metro.

b) SEGUNDA ETAPA.

Posterior a la realización del diseño preliminar en gabinete, se procedió a su verificación en campo con el auxilio de una brigada de topografía, resultando, tanto longitudes como deflexiones con ligeros cambios a las propuestas en gabinete.

c) TERCERA ETAPA.

Una vez definida con exactitud las características del desvío, se procedió a la elaboración de LAY-OUT.

LAY-OUT, es el nombre técnico que se le dá al arreglo de las piezas especiales que integran el desvío, incluyendo los accesorios necesarios para su adecuado funcionamiento. Por lo tanto el "LAY-OUT" representa la conclusión del proyecto geométrico, ya que constituye la secuencia en la que se deben instalar cada una de las piezas en los cruceros hasta lograr el desvío de la línea afectada.

En el plano No. 1, se presenta el LAY-OUT definitivo para la construcción del desvío de agua potable en la calle Dr. Andrade. Dicho arreglo se presenta en forma tabular dividido en seis columnas; cada una de estas significa lo siguiente:

- 1.- CRUCEROS : Indica el número de crucero al que corresponde la pieza.

- 2.- DESCRIPCION : Aquí se describen las características principales de la pieza utilizada, indicando diámetro, longitud y tipos de extremos.
- 3.- CANTIDAD : Se anota el número de piezas con las mismas características que se instalarán sucesivamente.
- 4.- LONGITUD UNITARIA : Longitud aprovechable de cada pieza, de acuerdo con los catálogos de los fabricantes.
- 5.- CAUENAMIENTO DE LA PIEZA COLOCADA : Es el punto donde se ubicará la pieza, la cual se define considerando la longitud acumulada por la pieza, tomando como referencia el punto de inicio.
- 6.- LONGITUD ENTRE CRUCEROS : Es la longitud entre uno y otro crucero, sin considerar las deflexiones verticales. Estos valores deben coincidir con los verificados en campo.

Para entender con mayor amplitud la forma de interpretar los datos del LAY-OUT, a continuación se ilustra el acoplamiento realizado en los cruceros de "pegue" 1 y B. (figuras IV.1 y IV.2)

(011)

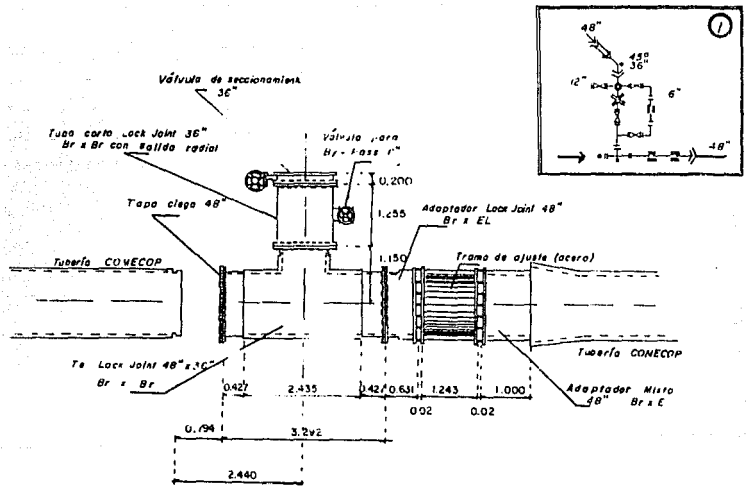


FIGURA IV.1. ACOPLAMIENTO EN EL CRUCERO DE PEGUE 1

(III)

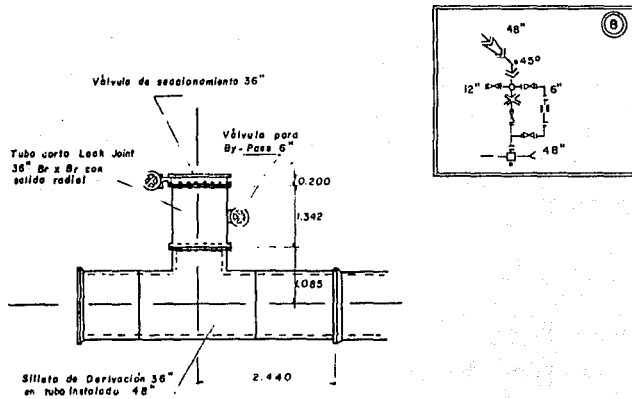


FIGURA IV.2. ACOPLAMIENTO EN EL CRUCERO DE PEGUE 2

IV.3 ESTRUCTURAS ESPECIALES.

Las estructuras especiales utilizadas en este tipo de proyectos, se localizan tanto en zonas de interconexión entre las tuberías existente y de proyecto, así como en los cambios de dirección. También son utilizadas donde las especificaciones de seguridad y operación de la tubería no se cumplan.

En el desvío de agua potable seleccionado fue necesario utilizar las estructuras especiales siguientes:

- cajas de válvulas,
- galería de protección, y
- atraques.

CAJAS DE VALVULAS.

Estas estructuras son proyectadas con la finalidad primordial de permitir la operación y mantenimiento de las válvulas instaladas en los puntos de "pegue" o conexión, a la vez de que forman parte integral de los atraques para las piezas especiales como: Tes, Codos, Silletas de Derivación, Tapas ciegas, etc., instaladas en el interior de la misma.

Las dimensiones y geometría de las cajas están en función de los factores siguientes:

- diámetro de la tubería utilizada,
- arreglo de las piezas especiales,
- instalación de accesorios (By Pass y Desfogue), y
- espacios para operación y mantenimiento.

Adicionalmente el proyecto de las cajas de válvulas incluye estructuras complementarias como: registros de acceso,

registros de operación, cárcamo de achique y una franja de tapas precoladas para extracción, reposición y mantenimiento de piezas especiales o válvulas.

En el desvío seleccionado se proyectaron dos cajas de válvulas, ubicadas en los cruceros 1 y 8. A continuación se describe el procedimiento para su diseño geométrico.

Inicialmente se trazó el arreglo de piezas del crucero correspondiente, con el cual se definen los ejes principales de la caja, es decir, a partir de los ejes del arreglo se trazaron paralelas a una separación mínima de 60 cm, suficiente para proporcionar el espacio necesario para su operación y mantenimiento; mediante la intersección de las paralelas se obtuvieron algunos vértices de la caja. Posteriormente se trazaron perpendiculares de manera tal que se unen los dos lados de la caja formando una poligonal, estas perpendiculares fueron delineadas en puntos que permitieron confinar todas las piezas especiales del crucero, incluyendo los atraques. Finalmente se procedió al cálculo de las dimensiones de los lados de la caja y de los ángulos en los vértices de la misma.

La comprobación del diseño geométrico de las cajas se efectuó obteniendo el "cierre" lineal y angular de la poligonal correspondiente.

En las figuras (IV.3, IV.4a y IV.4b, IV.5a y IV.5b) se muestra el procedimiento antes mencionado, así como la geometría adoptada para cada una de las cajas del desvío.

$$a = (1.90 / \sin 45^\circ) - 1.90$$

$$b = a / \cos 45^\circ$$

$$c = (1.90 / \tan 45^\circ) - b$$

$$d = a \cdot \tan 45^\circ$$

$$e = 1.00 / \cos 45^\circ$$

$$f = 1.00 \cdot \tan 45^\circ$$

$$g = 1.90 - e$$

$$h = g \cdot \tan 45^\circ$$

$$i = 5.038 - (h + 1.43)$$

$$j = h / \sin 45^\circ$$

$$k = i + j$$

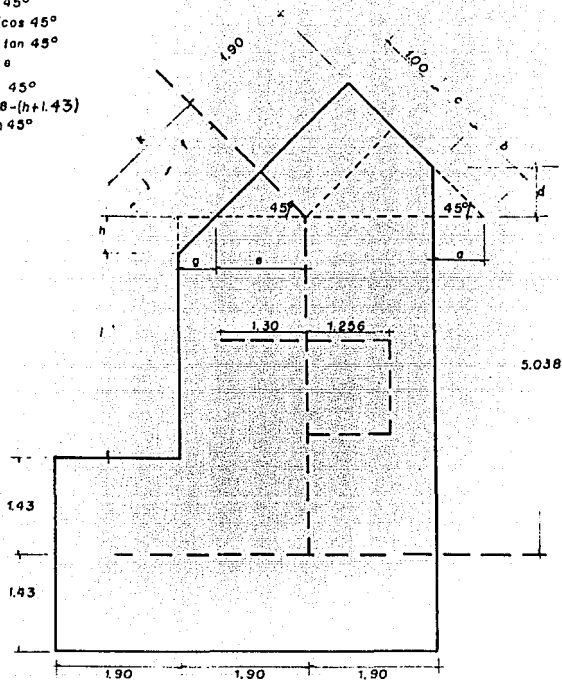
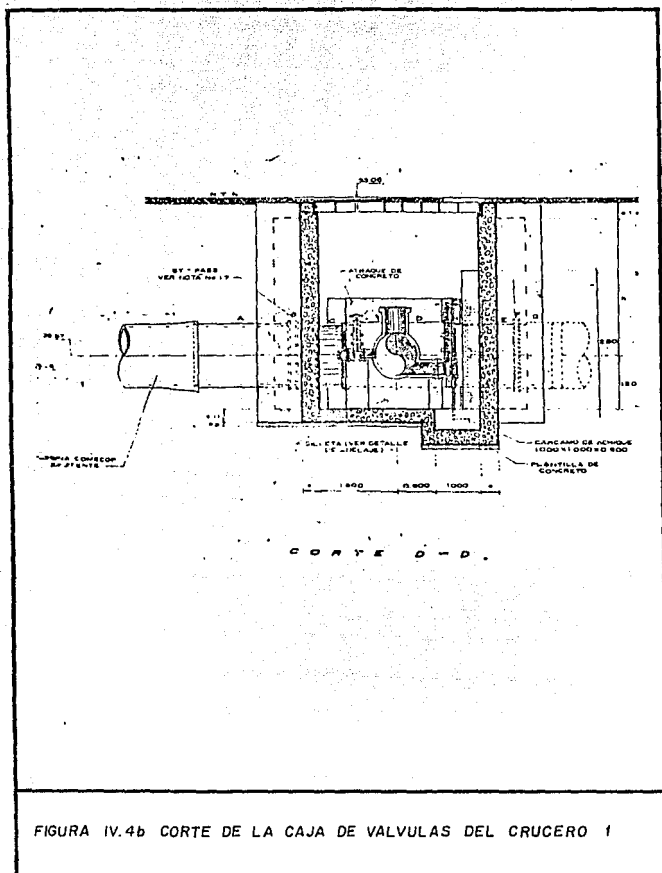


FIGURA IV.3 CALCULO DE LA CAJA DE VALVULAS DEL CRUCERO B



GALERIA DE PROTECCION

Las galerías son estructuras de concreto, cuya función es proporcionarle seguridad a la tubería alojada en ella. éstas se proyectan en los cruces con la sección del metro, donde el colchón entre el cajón y el nivel de la vialidad es escaso.

La sección transversal de las galerías está en función del diámetro de la tubería y de los espacios necesarios para realizar maniobras propias de su instalación. Su longitud, esta supeditada al ancho de la estructura o estructuras a cruzar, más el espacio utilizado por los registros de válvulas de admisión y expulsión de aire.

La galería proyectada para el desvío tiene un ancho de 2.70 m y una longitud de 25.00 m, alojando a la tubería en el centro de su sección y fijándola en un relleno de concreto simple, hasta medio tubo, mediante abrazaderas de solera de acero de 4" de ancho y 3/8" de espesor. En la plano 1 se muestra el detalle de dicha galería.

ATRAQUES.

Son estructuras de concreto reforzado, utilizadas para contener el empuje ejercido por la presión del agua en los cambios de dirección o cambios de sección o puntas muertas. Generalmente se ubican en los cambios de trayectoria mayores de $7^{\circ} 30'$ y en tes, yes, silletas de derivación, etc.

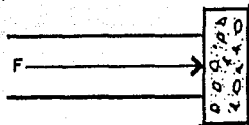
Para conocer las dimensiones de los atraques, deberá conocerse el valor de dichos empujes y la resistencia a la compresión de los terrenos en que van a apoyarse.

Los valores de los empujes se calculan como sigue:

- F empuje en kg.
- p presión interna en kg/cm².
- S sección interna del tubo en cm².
- s sección interna del tubo menor (en reducciones) en cm².
- α valor de la deflexión (en codos) en grados.
- f empuje de cada atraque (en reducciones) en kg.
- S₁ sección del ramal menor (en tes) en cm².

En puntas muertas el empuje resulta ser:

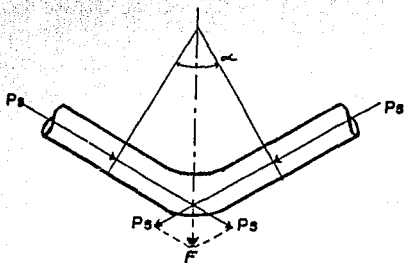
$$F = p S$$



En un codo el empuje se dirige en sentido de la bisectriz y tiende a expulsar el codo hacia afuera.

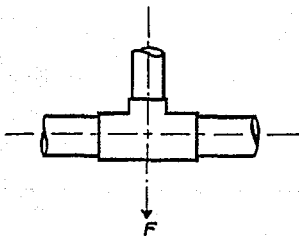
Su valor es:

$$F = 2pS \sin (\alpha/2)$$



En el caso de una T, el empuje se produce en el sentido del eje del ramal menor y su valor es:

$$F = p S_1$$



Las áreas de los atraques se calculan de acuerdo con la resistencia del terreno en que se apoya:

$$A = F/t,$$

donde:

- A área de apoyo del atraque en cm².
- F valor del empuje en kg.
- t resistencia del terreno en kg/cm².

Como valor enunciativo, damos las resistencias de algunos terrenos:

ARENOSOS.

* arenas de mediana a alta compacidad, cementadas -> 3.0 a 4.0 kg/cm²

* arenas de mediana a alta compacidad, no cementadas -> 1.5 a 3.0 kg/cm².

* arenas de baja compacidad -> 0.4 a 0.8 kg/cm².

LIMOSOS.

* limos de media a alta compacidad -> 0.8 a 1.2 kg/cm².

* limos de baja compacidad -> 0.3 a 0.5 kg/cm².

ARCILLOSOS.

* arcillas compactadas -> 0.5 a 1.0 kg/cm².

La gráfica IV.1 nos resuelve la fórmula que se aplica para conocer el empuje que se origina por la desviación de la conducción.

El valor del diámetro será el diámetro interior del tubo.

El funcionamiento de la gráfica es como sigue:

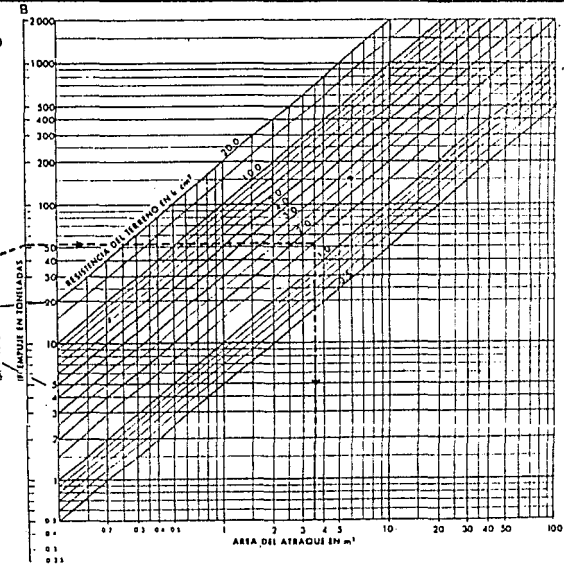
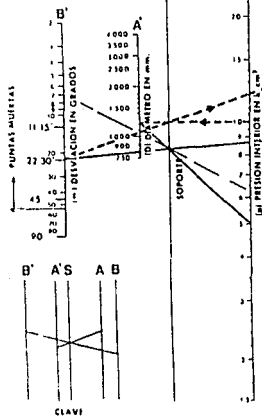
Teniendo como dato la presión p , se localiza este valor en la escala A y se traza una línea hasta el valor del diámetro en la escala A'. Posteriormente se localiza el valor de la deflexión ϵ en la escala B' y se pasa una línea sobre el punto en que se cruzó la línea anterior con la escala de soporte S; prolongando esta línea hasta cruzar con la escala B de empujes. Teniendo el valor del empuje, se traza una horizontal hacia la gráfica hasta encontrar la diagonal correspondiente a la resistencia del terreno t , y se baja una perpendicular hasta el eje de las abscisas obteniéndose el valor del área del atraque A.

ATRAQUES.

EMPUJE EN LOS CODOS SEGUN SU GRADO DE DESVIACION Y EL ϕ DE LA TUBERIA

$$F = 2p S \text{ Sen} \alpha / 2$$

- F - Empuje en k
- P - Presión interna en k/cm²
- S - Sección del tubo en cm²
- α - Desviación en grados.



(124)

GRAFICA IV.1 OBTENCION DEL AREA DEL ATRAQUE

Finalmente, en las figuras IV.6 a,b , se exponen los atraques tipo que propone el D.D.F., para desvío de tuberías primarias.

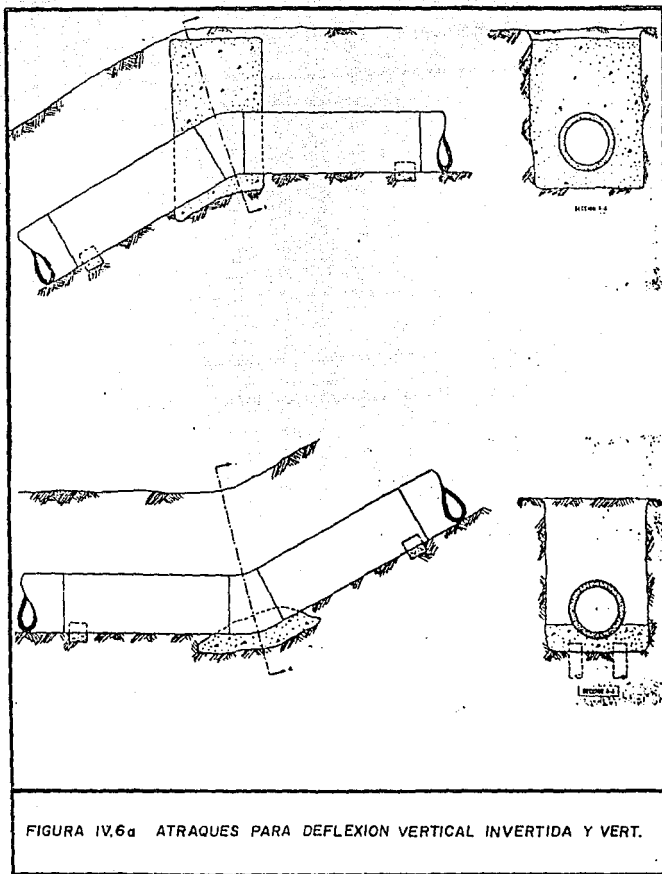
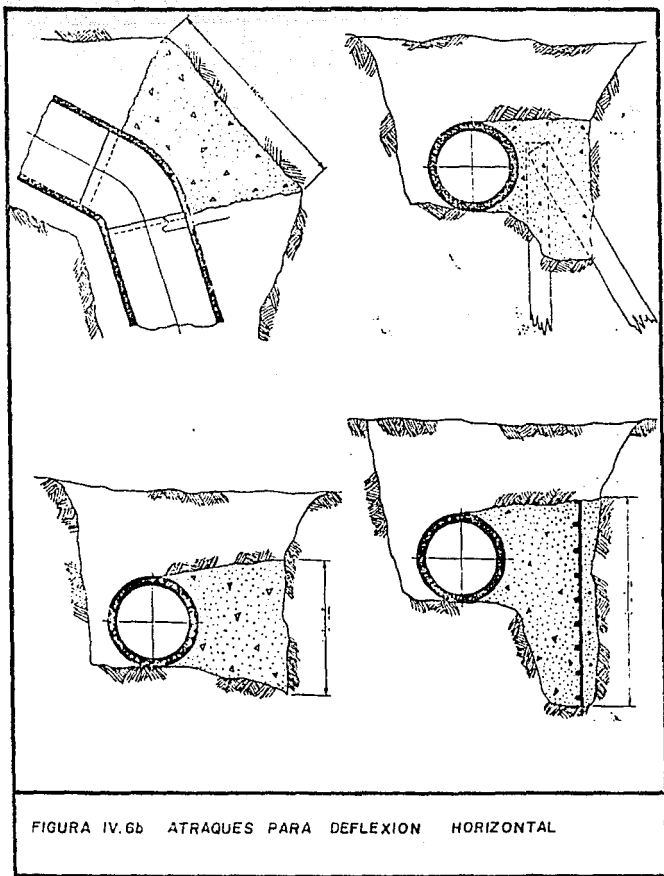


FIGURA IV.6d ATRAQUES PARA DEFLEXION VERTICAL INVERTIDA Y VERT.



IV.4 PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

Complementando el diseño funcional de las estructuras especiales, el procedimiento constructivo de las mismas, representa la conclusión del proyecto de desvío, ya que es el concepto en el cual se establecen las normas y recomendaciones para la construcción de estas estructuras. Por tanto considerando la importancia de este concepto, a continuación se presenta una breve descripción de las etapas de construcción del desvío de agua potable, dividido en tres tramos:

- * Dos tramos laterales localizados uno en el lado Norte (entre cruceros 5 y 8), y otro en el lado Sur (entre cruceros 1 y 4) con respecto al cajón del Metro.
- * Tramo central (entre cruceros 4 y 5), del cual una parte gravitará sobre el cajón del Metro.

Además se presenta el procedimiento para efectuar la excavación y construcción de las cajas de válvulas empleadas en los cruceros 1 y 8.

IV.4.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA EXCAVACION E INSTALACION DE LA TUBERIA EN LOS TRAMOS LATERALES.

OBSERVACIONES GENERALES.

La excavación se efectuó a cielo abierto entre paredes verticales además con una estructura de contención constituida por viguetas de acero hincadas en el terreno, tablonces de madera colocados entre las viguetas, polines de madera

(largueros) sujetando a los tablonés, viguetas de acero funcionando como vigas mdrinas y puntales de tubo de acero, (ver figuras IV.7a y IV.7b). El talud de avance tuvo una inclinación de 0.5 : 1.0 horizontal a vertical.

EXCAVACION Y APUNTALAMIENTO.

La excavación y apuntalamiento se efectuó como se indica en las etapas siguientes:

- 1a. Primeramente se hincaron las viguetas, e inmediatamente después se inició la excavación, y a medida que ésta progresó se colocaron los tablonés y largueros. Las mdrinas y puntales se colocaron conforme la excavación fué descubriendo sus puntos de aplicación.
- 2a. Alcanzada la profundidad de proyecto se colccc una plantilla de tecontle.
- 3a. Posteriormente, se bajaron, colocaron y unieron los tramos de tubería.
- 4a. Enseguida se rellénó, hasta la mitad del diámetro de la tubería instalada con material areno-limoso, y a partir de este nivel con material producto de la excavación. Asimismo se fueron extrayendo los tablonés, largueros, puntales y vigas mdrinas.
- 5a. Las viguetas se quitaron cuando el relleno se encuentró 1.00 m abajo del nivel del pavimento, y cuando se alcanzó el nivel de subrasante, se restituyó el pavimento afectado.

CONTROL DE FILTRACIONES.

El agua producto de las filtraciones que se presentaron

durante la excavación, se controlaron por medio de pequeños cárcamos construidos a lo largo del eje longitudinal de la excavación comunicados entre sí por medio de zanjas y desde los cuales se extrajo el agua por medio de bombas autocebantes o del tipo sumergibles.

IV.4.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA EFECTUAR LA EXCAVACION E INSTALACION DE LA TUBERIA EN EL TRAMO CENTRAL ENTRE LOS CRUCEROS 4 Y 5.

OBSERVACIONES GENERALES.

La instalación de la tubería se hizo en el interior de una galería de concreto constituida por una losa de piso, por dos muros laterales trabajando como trabes longitudinales y por trabes transversales. Dicha galería tuvo la finalidad de funcionar como una estructura de puenteo durante el período de la construcción del cajón del Metro en ese sitio, apoyándose por un lado en el muro tablaestaca norte del cajón y por el otro, en una trabe construida en el sitio, donde no se pudo colar el muro tablaestaca sur por estar interferida el área con la tubería existente.

La excavación para la construcción de la galería y de las rampas adyacentes a ésta, así como de los registros para válvulas de admisión y expulsión de aire, se efectuó a cielo abierto entre taludes con inclinación de 0.5:1.00 horizontal a vertical. (ver figura IV.8).

EXCAVACION Y CONSTRUCCION DE LA GALERIA.

A continuación se indica la secuencia seguida en la excavación y construcción de la galería:

1. Se excavó a mano hasta una profundidad de 1.50 m con el fin de localizar instalaciones municipales que existan en la zona para descubrirlas y protegerlas.
2. Se continuó con la excavación hasta la máxima profundidad de proyecto y posteriormente se colocó una plantilla de material granular de 5 cm de espesor.
3. Inmediatamente después se armó y coló la losa de piso de la galería ligándola con el armado de la tablaestaca y de la trabe, dejando las preparaciones necesarias para ligarla con sus muros laterales.
4. Posteriormente, se realizó el armado, cimbrado y colado de los muros estructurales. Después se colocó la tubería en su posición definitiva y se relleno de concreto simple en el interior de la galería hasta medio tubo, dejando los anclajes necesarios para la colocación de las abrazaderas.
5. En la zona de cruce de la galería con el colector existente y con el de proyecto, no se coló la losa inferior, pero si se relleno de concreto simple sobre un pequeño colchón de tepetate.
6. Posteriormente, se instalaron las tapas y se colaron las trabes transversales que integraron la losa de techo de la galería, asimismo se colocó el relleno entre las paredes de la excavación y los muros de la galería de la siguiente manera:
 - a. En la zona en que la galería quedó sobre el cajón

del Metro. el material de relleno fué producto de la excavación colocado a volteo, ya que para la excavación del cajón, dicho material fué retirado nuevamente.

- b. En las zonas complementarias, el material fué tepe-tate y se colocó hasta el nivel de subrasante. Posteriormente se restituyó el pavimento afectado.

EXCAVACION E INSTALACION DE LA TUBERIA EN LA ZONA DE RAM-PAS Y CONSTRUCCION DE LOS ATRAQUES.

Se siguió el siguiente procedimiento:

- 1.- Se inició la excavación siguiendo el proceso antes des-crito. Después se colocó una plantilla de material gra-nular de 10 cm de espesor, excepto en las zonas de atra-ques, en donde la plantilla fué de concreto simple de 5 cm de espesor.
- 2.- Posteriormente se colocó la tubería en su posición defi-nitiva, y se continuó con la construcción de los atra-ques.
- 3.- Finalmente se relleno hasta el nivel de subrasante y en-seguida se resitituyó el pavimento afectado.

Las filtraciones que se presentaron se controlaron tal como se indicó anteriormente.

IV.4.3 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA REALIZAR LA EXCAVACION Y CONSTRUCCION DE LAS CAJAS DE VALVULAS EMPLEADOS EN EL DESVIO.

La excavación se realizó a cielo abierto entre una estructura de contención similar a la mencionada anteriormente, (ver figura IV.17).

EXCAVACION, APUNTALAMIENTO Y CONSTRUCCION.

Se realizó mediante el siguiente proceso:

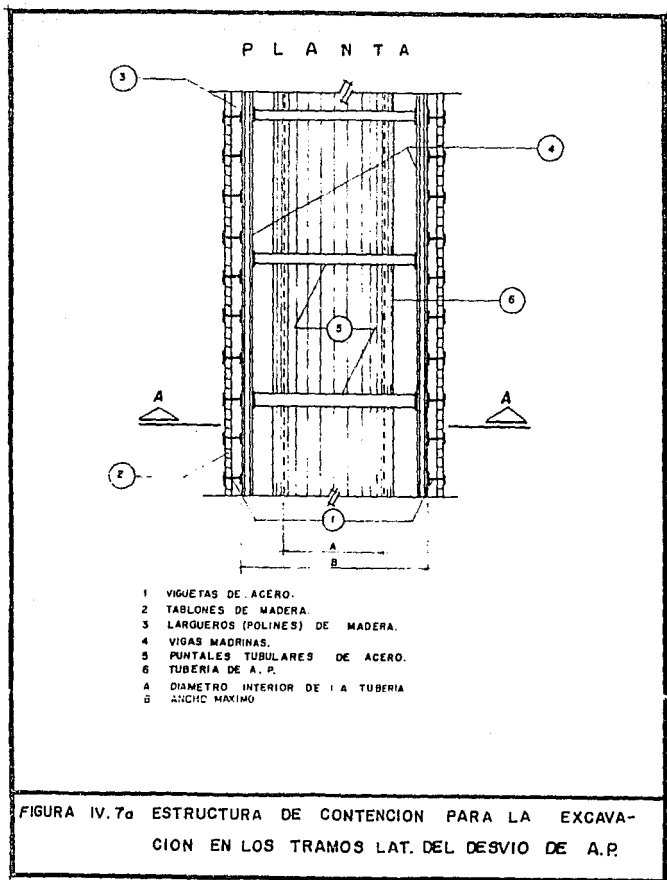
1. Se excavó a mano entre paredes verticales hasta una profundidad de 1.20 m para descubrir las instalaciones municipales existentes y darles protección. Posteriormente se hicieron las viguetas y se fueron colocando los tablonnes y los largueros conforme la excavación avanzó, así como las vigas maderas y los puntales cuando se descubrieron sus puntos de aplicación.
2. La excavación se suspendió cuando se descubrió la mitad del diámetro de la tubería existente con el fin de construir tres silletas de concreto armado que soportaron a la tubería durante la parte restante de la excavación. Dos de estas silletas son los muros norte y sur de las cajas, las cuales se construyeron simultáneamente en dos zanjas transversales al eje longitudinal de la tubería, con una plantilla de concreto simple mediante el siguiente procedimiento:

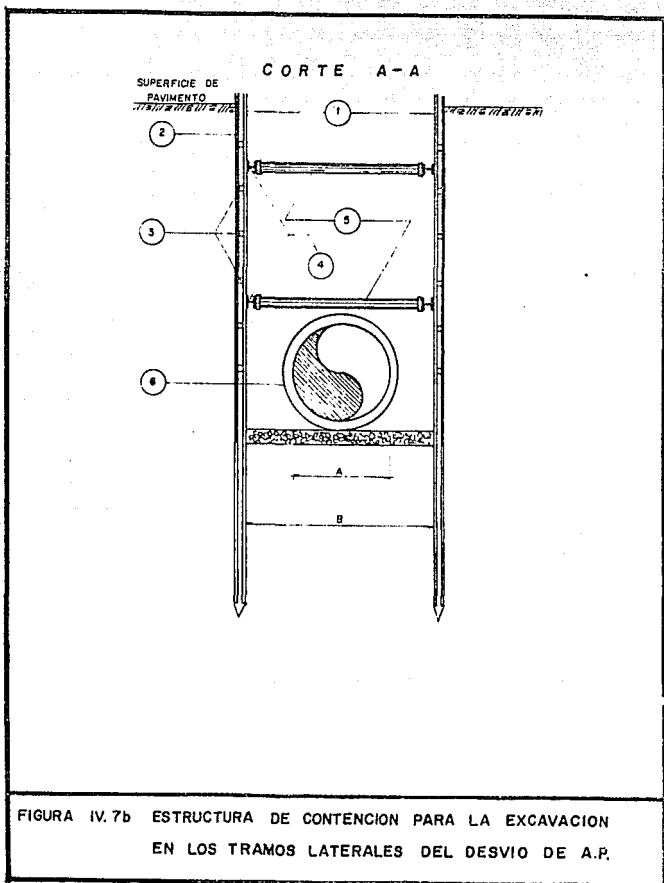
Después de colada la plantilla, se armó y colocó sobre ésta, la parte correspondiente de la losa de piso de la caja dejando las preparaciones para ligarla estructuralmente con la silleta y con el res-

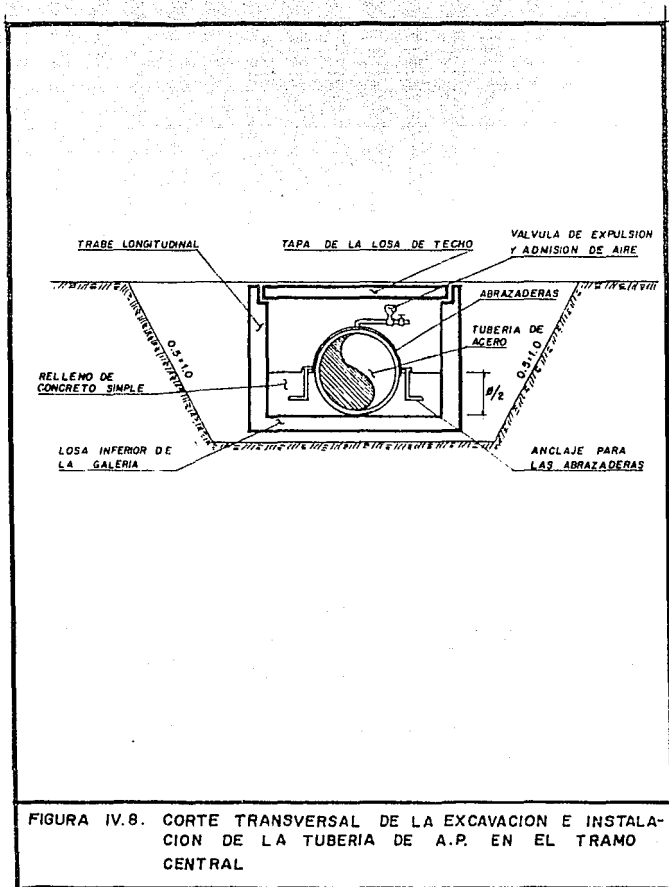
to de la losa de piso. Finalmente se armaron y colaron dichas silletas.

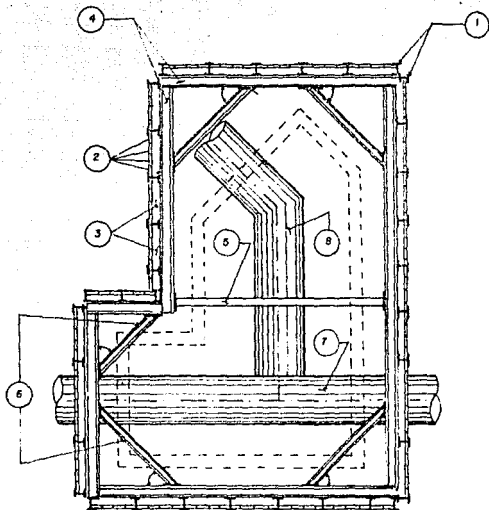
Posteriormente se realizó la construcción de la silleta III con un proceso similar al descrito para las silletas anteriores; la ubicación de las silletas se muestra en la figura IV.10.

3. Cuando la excavación alcanzó la profundidad de proyecto, se coló una plantilla de concreto simple, e inmediatamente después se construyó la losa de piso.
4. Enseguida, se construyó el atraque para el apoyo de la tubería y el atraque correspondiente a la unión de las tuberías existente y de proyecto.
5. Después se colocaron en su posición definitiva los tramos de tubería y se retiró el tramo de tubería existente que quedó fuera de servicio. Inmediatamente después se unió la tubería existente con la de proyecto.
6. Posteriormente se armaron y colaron los muros de las cajas y se inició el relleno con un material areno-limoso, retirando los puntales y las vigas mdrinas conforme se fué alcanzando sus puntos de aplicación.
7. El proceso de relleno se suspendió cuando se alcanzó el nivel de remate de los muros y se procedió a construir la losa superior.
8. Enseguida fueron retiradas las viguetas hincadas y se relleno hasta el nivel de subrasante. Finalmente se restituyó el pavimento afectado.



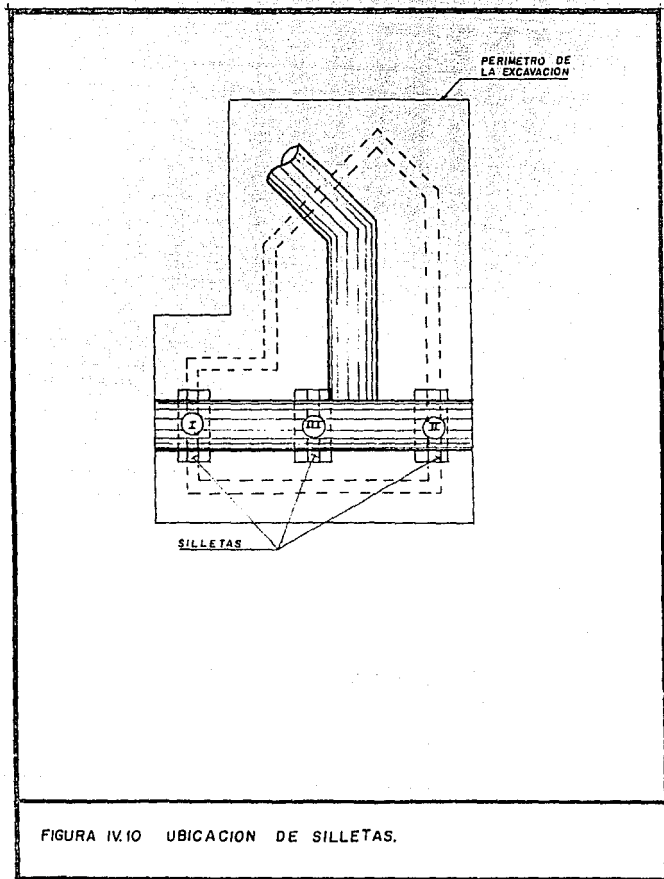






1. VIGUETAS DE ACERO
2. TABLONES DE MADERA
3. POLINES DE MADERA (LARGUEROS)
4. VIGUETAS DE ACERO FUNCIONANDO COMO MADRINAS
5. PUNTALES DE TUBO DE ACERO
6. VIGUETAS DE ACERO FUNCIONANDO COMO PUNTALES "PATA DE GALLO"
7. TUBERIA EXISTENTE
8. TUBERIA DE PROYECTO

FIGURA IV.9 ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN PARA LA EXCAVACION Y CONSTRUCCION DE LAS CAJAS DE VALVULAS.



IV.5 ANALISIS HIDRAULICO.

El problema fundamental de las conducciones a presión presenta dos aspectos, el de verificación o directo y el de diseño o indirecto. En el de verificación, el gasto se calcula una vez conocida la geometría de la estructura en cuestión. El problema de diseño, exige tanteos preliminares hasta obtener un resultado compatible; en este problema se dispone del gasto y rara vez de algunos elementos geométricos.

Debido a que una de las condiciones o normas para cada desvío, mencionadas en el capítulo anterior, es conservar y en su caso mejorar las condiciones originales del sistema de abastecimiento, nuestro problema es de diseño, ya que el gasto a considerar y el diámetro a aplicar serán los originales.

La modificación del trayecto de la línea provocada por el desvío, trae como consecuencia un incremento de pérdidas de energía; el análisis hidráulico consiste en el cálculo de estas pérdidas con el fin de conocer el grado que influye dicho incremento en el funcionamiento de la red de distribución. Dichas pérdidas son producidas por el rozamiento entre el fluido y las paredes del conducto (pérdidas primarias o por fricción), y por los cambios de dirección y de geometría necesarios para el desvío (pérdidas secundarias o locales).

Para el cálculo de estas pérdidas, se toman en cuenta las siguientes consideraciones.

* A partir de la información aportada por el trazo preliminar, se consultan los catálogos de los fabricantes de

las tuberías y piezas especiales a utilizar, para conocer sus características geométricas de cada una de ellas.

- * Para la Ciudad de México, las tuberías que se utilizan comunmente son de tipo COMECOP y LOCK-JOINT, de la especificación (AWWA-C.30).
- * Las pérdidas primarias se calcularán por metro de conducción.

A continuación se presenta el procedimiento para la evaluación de las pérdidas Primarias y Secundarias.

IV.5.1 PERDIDAS PRIMARIAS.

Todo fluido en movimiento sufre pérdidas por fricción, las cuales resultan ser el gasto de energía que se requiere para vencer la resistencia al flujo. Estas pérdidas se reparten uniformemente a lo largo del conducto y están en función de la longitud, el gasto, la pendiente, la velocidad y el material de la sección.

Para su evaluación, existen entre otros, los siguientes criterios:

a) COLEBROOK.

La ecuación de Colebrook es:

$$J = \lambda \left[\frac{V^2}{2gD} \right]$$

en la que:

J Pérdida de carga en m/m de conducción.

V Velocidad del agua en m/seg.

g Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

D Diámetro de la conducción, en m.

λ Coeficiente obtenido por la fórmula:

$$1/\lambda = -2 \log \left[\left(\frac{K}{3.7D} \right) + \left(\frac{2.51}{VD\sqrt{\lambda}} \right) \right]$$

donde:

K Altura de las rugosidades de la pared interior en m.

ν Viscosidad cinemática del agua en m²/s. (1.24 x 10⁻⁶ en agua a 12° C).

Esta fórmula, relativamente moderna es de origen teórico y experimental, recopila las observaciones sobre pérdidas de carga obtenidas primero por Nicuradse y luego por Von Karman.

Es muy aceptada por su característica universal, ya que la altura de las rugosidades interiores del tubo "K" es una medida geométrica independiente de la naturaleza física de la pared. Además es relativamente sencillo medir los valores de K para diferentes paredes a fin de obtener la Ley de pérdida

de carga correspondiente.

El valor de K para las tuberías empleadas en el desvío es igual a 0.0001 m según los fabricantes.

Para el cálculo de las pérdidas, se puede usar la gráfica No. IV.2.

b) HAZEN Y WILLIAMS.

Es utilizado para tuberías de diferentes materiales, y se presenta en el sistema métrico decimal bajo la fórmula:

$$V = 0.85 C R_h^{0.63} J^{1/1.85}$$

donde:

V Velocidad del agua en m/s.

C Coeficiente de fricción en función del material de la tubería, de la velocidad del agua y del diámetro, adimensional.

Rh Radio hidráulico del tubo en m.

J Pérdida de carga en metros de columna de agua, por metro de conducción.

además:

$$R_h = A/P_m ;$$

con:

A Área transversal ocupada por el fluido, en m².

Pm perímetro mojado, en m.

Debido a que la tubería trabaja a presión, el líquido

riuye llena de la totalidad de las secciones transversales, de modo que la vena líquida queda siempre delimitada por las paredes de la conducción, sin presentar una superficie libre, por lo que el radio hidráulico será:

$$R_h = A/P_m$$

$$A = (\pi D^2) / 4 \quad ; \quad y$$

$$P_m = \pi D$$

por lo tanto:

$$R_h = D / 4$$

donde:

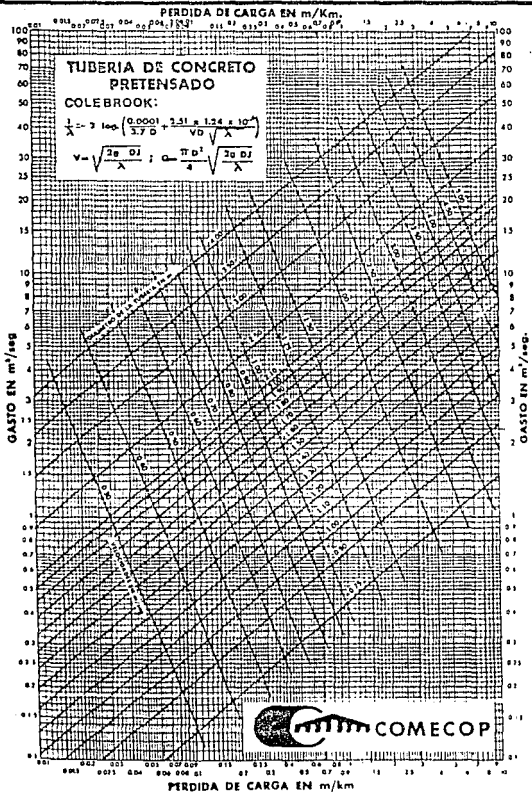
D diámetro de la tubería, en m.

Establecida en 1905, ha dado lugar a numerosas confrontaciones experimentales del coeficiente "C".

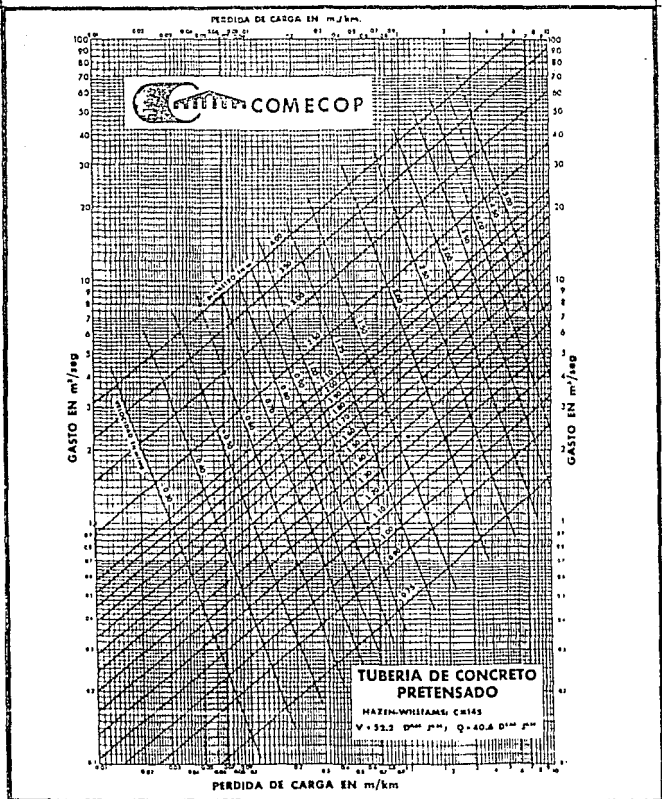
En 1963 se efectuó un debate sobre el valor de dicho coeficiente, observándose en 70 conductos, cerca de 300 lecturas de las pérdidas de carga.

Los resultados de esta confrontación, permitieron concluir que es posible dar un valor a "C", para tubos de concreto, igual a 145.

Mediante la gráfica No. IV.3, se puede calcular las pérdidas por este criterio.



GRAFICA IV.2 CALCULO DE PERDIDAS POR COLEBROOK



GRAFICA IV.3 CALCULO DE PERDIDAS POR HAZEN-WILLIAMS

c) SCUBEY.

Este criterio se emplea específicamente para tubos con paredes de concreto, y su fórmula es:

$$V = C D^{0.425} J^{0.52}$$

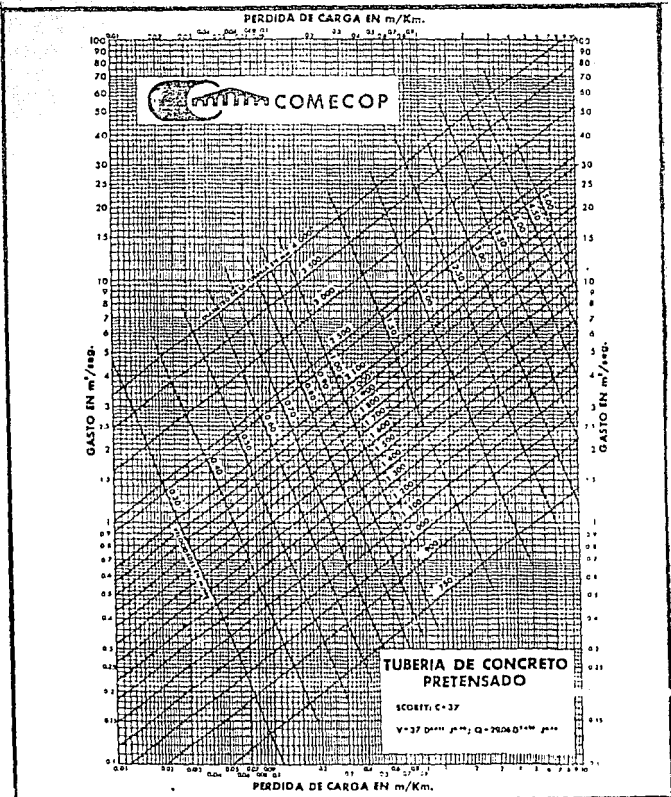
en la que:

- V Velocidad del agua en m/s.
- C Coeficiente numérico adimensional.
- D Diámetro de la conducción en m.
- J Pérdida de carga en m/m, de la conducción.

Propuesta en 1920 después de observaciones hechas sobre 31 conducciones en las que los diámetros variaban de 0.20 m a 3.00 m y las longitudes de 55.00 m a 3,500.00 m se asignó a "C" un valor bajo, por la influencia de las conducciones antiguas observadas y que fueron fabricadas siguiendo una técnica somera.

La confrontación de 1963, con los resultados experimentales concernientes a tubos de fabricación moderna, muy semejantes a los utilizados en los desvíos de agua potable, permiten otorgar a "C" un valor de 37.

Para el cálculo de las pérdidas, se puede emplear la gráfica No. IV.4.



GRAFICA IV 4 CALCULO DE PERDIDAS POR SCOBET

d) DARCY-WEISBACH.

En 1850, Darcy, Weisbach y otros, dedujeron experimentalmente la fórmula siguiente:

$$h_f = f [(L \cdot V^2) / (D \cdot 2g)].$$

donde:

- h_f Pérdida de carga por fricción, en m.
- f Factor de fricción, sin dimensiones.
- L Longitud del tubo, en m.
- V Velocidad media del agua, en m.
- g Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Si S_w representa la relación entre la pérdida de energía y la longitud del tubo en que ésta ocurre (pendiente de fricción), la ecuación anterior, también es:

$$S_w = (h_f / L) = (f \cdot V^2) / (D \cdot 2g)$$

El factor de fricción f, es función de la rugosidad absoluta de la pared interior del tubo ϵ y del número de Reynolds Re.

La rugosidad absoluta para las tuberías más utilizadas en los proyectos de desvío son:

Cobre, asbesto-cemento o P.V.C.	0.00003048 m.
Acero y hierro negro	0.00022860 m.
Hierro galvanizado	0.00045720 m.
Concreto preesforzado	0.00010000 m.

El número de Reynolds se obtiene mediante:

$$Re = (V \cdot D) / \nu$$

en la que:

V Velocidad media, en m/s.

D Diámetro de la tubería, en m.

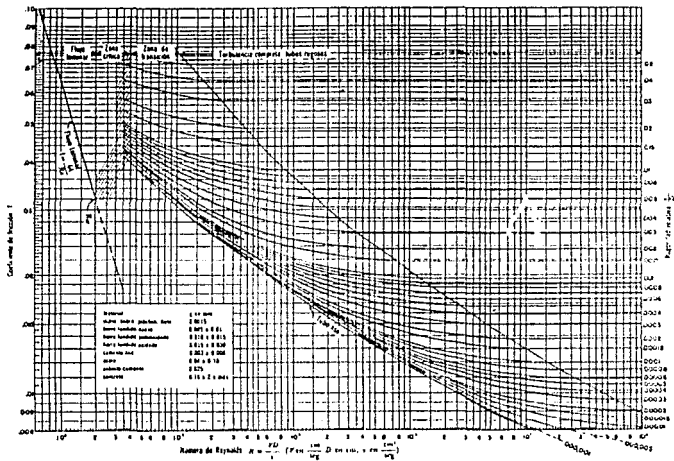
ν Viscosidad cinemática del agua, en m^2/s . (1.24×10^{-6} en agua a $12^\circ C$).

Para la evaluación de f existen, entre otros, los criterios de Poiseulli, Blasius, Nikuradse, Colebrook y White, Moody, etc.

Moody, con base a los resultados de Colebrook y Withe, preparó el Diagrama Universal, que lleva su nombre (gráfica No. IV.5).

Actualmente, la fórmula de SWAMEE-JAIN puede sustituir al Diagrama Universal de Moody, y consiste en:

$$f = 0.25 / \left(\log_{10} \left[\left(\epsilon / 3.7D \right) + \left(5.74 / Re^{0.9} \right) \right] \right)^2$$



GRAFICA IV.5 DIAGRAMA UNIVERSAL DE MOODY

IV. 5.2. PERDIDAS SECUNDARIAS.

Como se mencionó anteriormente, un desvío consta de tramos rectos y tramos curvos (horizontales y verticales), a fin de ajustarse a las condiciones del perfil del Metro y al procedimiento constructivo, además de tramos donde varía la sección transversal y acoplamiento con dispositivos de medición y control de flujo. Estos cambios de trayectoria y de geometría traen como consecuencia a las Pérdidas Secundarias, llamadas también Locales o de Forma, las cuales se valúan considerando que el flujo es turbulento y se expresan como una proporción de la carga de velocidad afectada por un coeficiente k (coeficiente de resistencia hidráulica), aguas abajo de donde se produce la pérdida.

Las pérdidas locales que se presentan en una tubería a presión, como en nuestro caso, son:

h_a pérdida por cambio de dirección.

h_v pérdida por válvula.

h_m pérdida por ampliación.

h_r pérdida por reducción.

h_b pérdida por bifurcación.

Para la determinación de las pérdidas locales o secundarias, se empleará la fórmula general de pérdida local:

$$h_l = k * [(V^2) / (2g)]$$

donde:

h_l pérdida local, en m.

k coeficiente de resistencia hidráulica que depende del tipo de pérdida y de la forma del tubo, adimensional.

$V^2/2g$ carga de velocidad aguas abajo de la zona de alteración en m.

PÉRDIDAS POR CAMBIO DE DIRECCION.

Una de las formas de calcular el coeficiente de resistencia hidráulica para este tipo de pérdidas, es mediante la fórmula de Fortier:

$$k = [0.13 + 1.8 (D/2R)^{2.0}] [\Delta/90^\circ] = k' [\Delta/90^\circ]$$

en la que:

- D Diámetro interior de la conducción, en m.
- R Radio de curvatura en el eje del codo, en m.
- Δ Angulo del codo, en grados.

Para la Silleta de Derivación y la Te utilizadas en los cruceros de pique, se consideraran como codos de 90 con subtangente $ST=1.15$ m que corresponde a la distancia entre sus bridas y el eje de la tubería a la que se conecta.

Debido a que en los catálogos de tuberías Lock-Joint, no se indican los valores de radio de curvatura para el diseño de codos, este valor se determinará a partir de la subtangente:

$$ST = R [\tan (\Theta/2)]$$

por lo que:

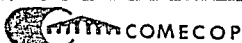
$$R = (ST) / \tan (\Theta/2)$$

Para piezas de Comecop, existe la siguiente tabla:

DIAMETRO D (mm)	K'
910	0.215
1020	0.220
1220	0.228
1400	0.230
1520	0.238
1820	0.240
2100	0.237
2300	0.234
2500	0.237

La gráfica No. IV.6, sirve para calcular las pérdidas de carga y funciona de la manera siguiente:

En el cruce de la diagonal con la vertical correspondientes a la velocidad y ángulo de deflexión respectivamente, se traza una horizontal hasta encontrar a la derecha la escala de valores de pérdidas de carga correspondiente al valor de K'.



PERDIDAS DE CARGA EN CODOS

ΔP : Pérdida de carga en m.

K: Coeficiente numérico.

V: Velocidad del agua en m/seg.

G: Aceleración de la gravedad: 9.81 m/seg.

D: Diámetro interior de la conducción en m.

R: Radio de Curvatura del eje del codo en m.

A: Angulo del codo en m.

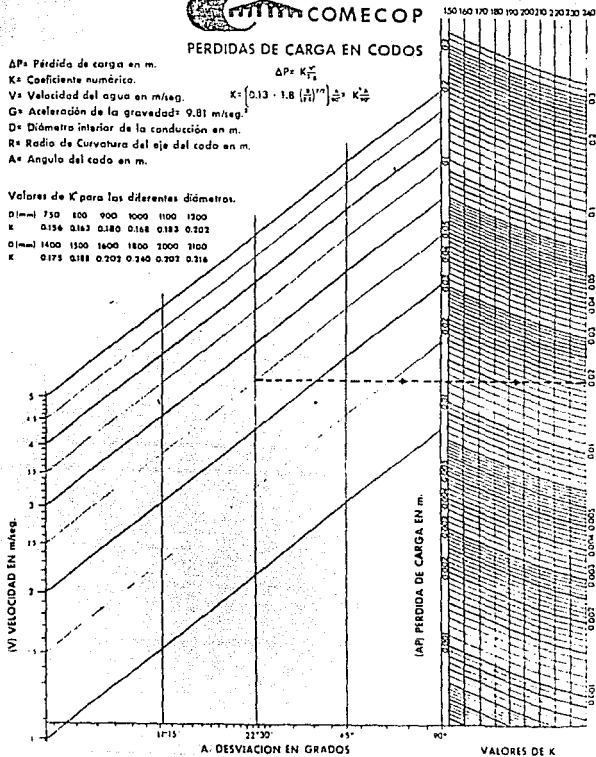
$$\Delta P = K \frac{V^3}{R}$$

$$K = \left(0.13 \cdot 1.8 \left(\frac{D}{R} \right)^{1.9} \right) \frac{1}{D^5} = K' \frac{1}{D^5}$$

Valores de K para los diferentes diámetros.

D (mm)	750	800	900	1000	1100	1200
K	0.156	0.163	0.180	0.188	0.193	0.202

D (mm)	1400	1500	1600	1800	2000	2100
K	0.175	0.181	0.202	0.240	0.292	0.316



GRAFICA IV.6 CALCULO DE PERDIDAS EN CODOS

PERDIDAS POR AMPLIACION.

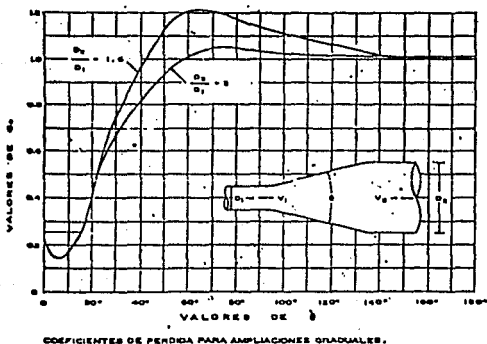
El coeficiente de resistencia hidráulica en estos casos, depende de la brusquedad de la ampliación y se obtiene mediante la fórmula de Borda-Carnot :

$$K = C_a [(A_2/A_1) - 1]^2$$

donde C_a depende del ángulo θ del difusor, como se muestra en la siguiente gráfica. Para ampliaciones bruscas se usa la misma fórmula con $C_a = 1$.

El ángulo difusor θ se obtiene mediante :

$$\theta/2 = \tan^{-1} [(D_a - D_b)/2 l_s]$$



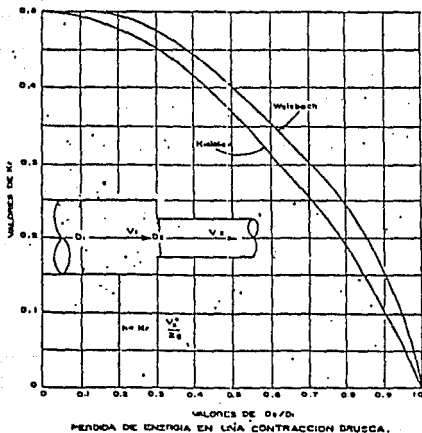
PERDIDAS POR REDUCCION.

En este caso el coeficiente de resistencia hidráulica, también está supeditado al ángulo Θ del difusor como en el caso anterior, y su valor se determinará mediante la tabla de Kisieliev, mostrada a continuación:

Θ	de 4 a 5	de 7 a 10	15	20	25	30 a 35	60 a 75	80
K	.06 a .05	.16	.18	.20	.22	.24	.32	.35

Para condiciones bruscas, se utilizará la gráfica mostrada en la parte inferior, la cual fue desarrollada por Weisbach, en donde aparece también los valores de Kisieliev, valores que se adoptan en este trabajo ya que son valores medios de todos los autores que han estudiado el problema.

RESISTENCIA AL FLUJO EN CONDUCTOS A PRESION



CALCULO DE PERDIDAS.

Debido a que el desvío esta compuesto por tramos en los cuales, en ocasiones existen variaciones con respecto a otro en cuanto al tipo de material de la tubería, las pérdidas por fricción no seran uniformes a lo largo del desvío; por tal motivo este tipo de pérdidas se calcularan para cada tramo. Estos tramos comprenderan de un crucero a otro tal y como se muestra en el croquis de localización (Plano No. 1).

Por otra parte, las pérdidas secundarias se calcularán para cada pieza que la provoque.

Para fines de cálculo, la Dirección General de Construcción de Obras Públicas (DGCOH), especifica que para diámetros de 1.22 m se considera una velocidad de 1.50 m/s.

Las tablas que a continuación se muestran presentan el resumen del cálculo de las pérdidas primarias y pérdidas secundarias las cuales se calcularon utilizando el valor promedio de los diferentes criterios respectivamente.

(159)

TABLA DE RESUMEN DE PERDIDAS PRIMARIAS

TRAMO EN CRUCEROS		MATERIAL DE LA TUBERIA	DIAMETRO (m)	PERDIDA / m1 DE CONDUCCION (m/m)	LONGITUD (m)	PERDIDA TOTAL DEL TRAMO (m)	PERDIDA ACUMULADA (m)
A	B						
1	2	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	9.2270	0.0111	0.0111
2	3	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	20.2580	0.0243	0.0354
3	4	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	3.7140	0.0045	0.0399
4	5	A C E R O	1.22	0.0014	42.6940	0.0598	0.0997
5	6	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	8.8740	0.0106	0.1103
6	7	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	20.2580	0.0243	0.1346
7	8	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	9.2270	0.0111	0.1457

PERDIDA TOTAL= 0.1457 m

(159)

TABLA DE RESUMEN DE PERDIDAS PRIMARIAS							
TRAMO EN CRUCEROS		MATERIAL DE LA TUBERIA	DIAMETRO (m)	PERDIDA / m ¹ DE CONDUCCION (m ³ /h)	LONGITUD (m)	PERDIDA TOTAL DEL TRAMO (m)	PERDIDA ACUMULADA (m)
A	B						
1	2	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	9.2270	0.0111	0.0111
2	3	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	20.2590	0.0243	0.0354
3	4	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	3.7140	0.0045	0.0399
4	5	A C E R O	1.22	0.0014	42.6940	0.0598	0.0997
5	6	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	8.0740	0.0106	0.1103
6	7	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	20.2590	0.0243	0.1346
7	8	LOCK - JOINT	1.22	0.0012	9.2270	0.0111	0.1457

PERDIDA TOTAL = 0.1457 m

(091)

TABLA DE RESUMEN DE PERDIDAS SECUNDARIAS

TIPO DE PERDIDA	P I E Z A	CAN TI DAD	COEFICIENTE DE RESISTENCIA HIDRAULICA "K"	PERDIDA UNITARIA C_{p}	PERDIDA TOTAL C_{p}	PERDIDA TOTAL ACUMULADA C_{p}
CAMBIO DE DIRECCION	TE. LOCK-JOINT Ø 1220mm x 910mm Ø	1	0.2516	0.0209	0.0209	0.0209
	COOD LOCK-JOINT 45° x 910mm Ø	2	0.0783	0.0040	0.0180	0.0389
	COOD LOCK-JOINT 45° x 1220mm Ø	2	0.1022	0.0117	0.0234	0.0623
	COOD LOCK-JOINT 7 30° x 1220mm	2	0.0109	0.0013	0.0026	0.0649
REDUCCION DE SECCION	COOD DE SECC 30° x 1220mm Ø	4	0.0561	0.0064	0.0256	0.0905
	SIJILETA DE DERIVACION 910mm EN TUBO INSTALADO 1220mm	1	0.2516	0.0209	0.0209	0.1114
REDUCCION GRADUAL	REDUCCION LOCK-JOINT 910mm x 1220mm	1	0.1550	0.0124	0.0124	0.1238
AMPLIFICACION GRADUAL	REDUCCION LOCK-JOINT 1220mm x 910mm	1	0.1550	0.0102	0.0102	0.1340
REDUCCION BRUSCA	SIJILETA DE DERIVACION 910mm EN TUBO INSTALADO 1220mm	1	0.2500	0.0264	0.0264	0.1604
AMPLIFICACION BRUSCA	REDUCCION LOCK-JOINT 1220mm x 910mm	1	0.6369	0.0729	0.0729	0.2333

PERDIDA TOTAL = 0.2679 m

Por lo que la pérdida total del desvío resulta ser :

PERDIDAS PRIMARIAS : 0.1457 m

PERDIDAS SECUNDARIAS : 0.2673 m

PERDIDA TOTAL : 0.4130 m 141.30 cm

V. PROYECTO DEFINITIVO DE DRENAJE.

En este capítulo se presentará el proyecto definitivo de la solución adoptada en la interferencia del colector 10 con la línea 9 del Metro.

Debido a que el proyecto definitivo para el desvío es similar en los tres tramos de interestación que comprende este trabajo, se optó por sólo presentar en este capítulo uno de ellos, evitando de esta forma una exposición repetitiva.

El subtramo de interestación Chabacano-La Viga fue el que presentó una mayor amplitud en su solución, por lo que se eligió para ser expuesto. La presentación del proyecto se dividió en las partes siguientes:

- trazo geométrico,
- análisis hidráulico,
- estructuras especiales y,
- procesos constructivos.

V.I TRAZO GEOMETRICO.

De la misma forma que en el proyecto de agua potable, el trazo geométrico consiste en la determinación precisa de la trayectoria del desvío y la ubicación de estructuras especiales. En esta determinación se requiere de las etapas de gabinete y de campo, mencionadas en el capítulo anterior.

El trazo geométrico del subtramo seleccionado se muestra en el plano 2, quedando de la forma siguiente:

El subtramo Chabacano-La Viga, inicia en el cruce de las calles S de Febrero y J. Roa Bárcenas; pero como se describió en el capítulo III inciso c, antes de llegar a este sitio el colector 10 tuvo que ser desviado debido a la interferencia

presentada a lo largo del eje 3 Sur en una longitud de 3,300.00 m, iniciando en la estación Centro Médico con un diámetro de 1.52 m.

Al llegar al tramo en estudio, el diámetro se incrementó a 2.13 m debido a las aportaciones de subcolectores de la zona, alojándose a 2.50 m del paramento Poniente de la calle 5 de Febrero con dirección Norte, al llegar al cruce con la calle J. Roa Bárcenas se realiza un cambio de dirección hacia el Oriente mediante dos cajas con deflexiones de 60° y $28^{\circ} 12'$ en un tramo de 27.14 m con pendiente uniforme de 0.0001. En este sitio se proyecta el cruce con la futura línea 8 por lo que fue necesario prever una estructura especial de sostenimiento.

Posterior a la segunda caja de deflexión, la tubería queda alojada en la calle J. Roa Bárcenas a 2.50 m del paramento Norte con dirección Oriente, al alcanzar una longitud de 143.66 m se llega a la Calzada San Antonio Abad, donde debido a la presencia de la línea 2 del Metro y ante la imposibilidad de suspender la circulación vehicular, fue necesario utilizar un procedimiento constructivo especial, mismo que se describe posteriormente, la longitud de este procedimiento es de 57.79 m logrando así cruzar con línea 2 sin suspender el tránsito vehicular.

Una vez realizado el cruce, el desvío continúa con tubería estándar de 2.13 m de diámetro, ubicando pozos de visita a cada 60.00 m. Al alcanzar una longitud de 301.50 m, antes de llegar a la calle Fabian Romero, se realizó una conexión al drenaje profundo mediante una caja con compuertas, con la

finalidad de aliviar el funcionamiento del colector descargando en periodos de lluvias.

Después de 67.00 m de la caja de conexión al drenaje profundo, se produce un cambio de dirección en $28^{\circ} 04' 42''$ para llegar a la calle Clavijero después de una longitud de 41.64 m, en este sitio se colocó una caja de conexión con la finalidad de recibir la aportación del colector Francisco Ayala de 1.22 m de diámetro, procedente de la Calzada San Antonio Abad. Posterior a esta conexión, mediante una deflexión de 60° el colector se dirige hacia el Norte 38.00 m donde se produce un nuevo cambio de dirección hacia el Oriente utilizando dos cajas de deflexiones de 45° y $37^{\circ} 28' 42''$ en un tramo de 6.70 m, alojando de esta forma la tubería a 2.50 m del paramento Norte de la calle José Algara Cervantes, donde continúa hasta el cruce con calzada de la Viga en una longitud de 314.00 m, ubicando pozos de visita a cada 60.00 m. Finalmente en este cruce se une al colector existente "La Viga" empleando una caja de conexión logrando así recuperar su desfogue original.

V.2 ANALISIS HIDRAULICO.

Una vez definido el trazo geométrico del desvío, se procedió a su análisis hidráulico. En éste se determinaron los parámetros hidráulicos necesarios para su adecuado funcionamiento, tales parámetros son:

- Velocidad.
- Pendiente.
- Diámetro.

VELOCIDADES DE PROYECTO.

VELOCIDAD MINIMA.

La velocidad mínima de escurrimiento en colectores deberá ser suficiente para evitar la sedimentación de los materiales sólidos en suspensión, logrando así su autolimpieza. Las normas de construcción del D.D.F. establecen como velocidad mínima 0.60 m/seg a tubo lleno.

VELOCIDAD MAXIMA.

La velocidad máxima se limita a 3.00 m/seg a tubo lleno, esto es con el objeto de evitar una erosión prematura en los conductos.

PENDIENTES DE PROYECTO.

Las pendientes en el desvío, deberán apegarse hasta donde sea posible al desnivel del terreno, con el objeto de evi-

tar volúmenes de excavación excesivos. Las pendientes podrán tener valores distintos dependiendo de las consideraciones siguientes.

PENDIENTE MINIMA.

Se establece como pendiente mínima aquella que produce una velocidad de 0.60 m/seg; es recomendable en lo posible evitar el uso de pendientes mínimas porque demandan diámetros mayores, además limitan la capacidad hidráulica de las tuberías.

PENDIENTE MAXIMA.

Se acepta como pendiente máxima aquella que produce una velocidad de 3.00 m/seg. El uso de grandes pendientes puede propiciar excavaciones mayores, provocando el encarecimiento de las obras, por lo que es recomendable seleccionar una pendiente que permita un equilibrio de costo entre excavación y dimensión de la tubería.

SELECCION DEL DIAMETRO EN EL DESVIO.

El diámetro del colector en el desvío podrá mantenerse en la dimensión de la tubería original o deberá modificarse dependiendo de las consideraciones siguientes:

POR PENDIENTES.

MISMO DIAMETRO.

Podrá conservarse el mismo diámetro del colector si se cumple que la relación de pendientes sea de la forma siguiente:

te:

$$[S_2 / S_1] \Rightarrow 0.90$$

donde:

S_1 pendiente del colector existente.

S_2 pendiente del colector del desvío.

AUMENTO DEL DIAMETRO.

Se aumentará el diámetro del desvío si existe una disminución en la pendiente del proyecto que rebase la siguiente relación:

$$[S_2 / S_1] < 0.90$$

POR APORTACION.

También se aumentará el diámetro en caso de que el colector de proyecto reciba aportaciones de otras instalaciones.

En este caso los nuevos diámetros estarán en función de los gastos aportados por las tuberías conectadas. Las expresiones siguientes nos indican como se realizará el aumento de diámetro; para una mayor apreciación se puede consultar la figura V.1.

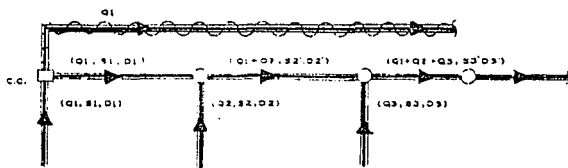
$$I) \quad Q_1 = f(D_1, S_1)$$

$$Q_2 = f(D_2, S_2)$$

$$II) \quad D_1' = f(Q_1, S_1')$$

$$D_2' = f[(Q_1+Q_2), S_2']$$

Para los casos donde es necesario aumentar el diámetro



SIMBOLOGIA

COLECTOR EXISTENTE	
COLECTOR DE PROYECTO	
COLECTOR PLENA DE SERVICIO	
POZO DE VISITA EXISTENTE	
POZO DE VISITA PROYECTO	
SENTIDO ESCURRIMIENTO	
CAJA DE CONEXION	C.C.
DIAMETRO DEL COLECTOR	D

FIGURA V.1 SUMA DE GASTOS (APORTACION)

debido al cambio de pendiente o gastos, el cálculo se realizará utilizando dos de las ecuaciones más comunes en la hidráulica, Manning y Continuidad, cuyas expresiones son las siguientes:

MANNING. $V = (1/n) R_h^{2/3} S^{1/2}$

donde:

V velocidad media del escurrimiento, en m/seg.

n coeficiente de rugosidad del material utilizado,
adimensional.

S pendiente hidráulica, adimensional.

Rh radio hidráulico, en m.

además:

Rh es la relación que existe entre el área hidráulica y el perímetro mojado: $R_h = A/P_m$

ECUACION DE CONTINUIDAD. $Q = VA$

donde:

Q gasto, en m³/seg

A área, en m²

V velocidad, en m/seg.

Si al utilizar estas ecuaciones consideramos que la sección que se pretende dimensionar es circular y que el fluido ocupa toda su sección, el área es igual a:

$$A = \pi D^2/4 ;$$

y el radio hidráulico es un cuarto del diámetro:

$$R_h = D/4 .$$

Al sustituir estas relaciones en las ecuaciones de Manning y de Continuidad, tenemos:

$$\text{MANNING.} \quad V = (1/n) (D/4)^{2/3} S^{1/2}$$

$$\text{CONTINUIDAD.} \quad Q = V (\pi D^2/4) = V (0.7854 D^2)$$

Si ahora sustituimos la ecuación de Manning en la de Continuidad, tenemos:

$$Q = (0.7854 D^2) (1/n) (D/4)^{2/3} S^{1/2}$$

simplificando:

$$Q = (0.31169/n) D^{8/3} S^{1/2}$$

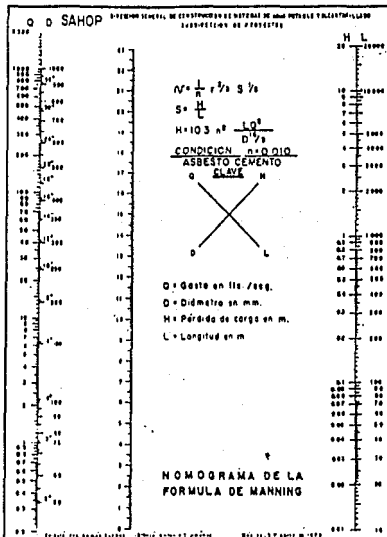
despejando el diámetro, tenemos:

$$D = [(Qn)/(0.31169 S^{1/2})]^{3/8}$$

Mediante esta ecuación se puede calcular la dimensión del diámetro de la tubería llena, conocidos el gasto o la pendiente.

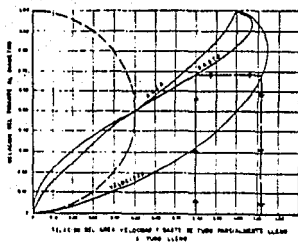
Partiendo de la ecuación anterior se han desarrollado una serie de gráficas, ecuaciones y monogramas que nos permiten seleccionar el diámetro con mayor rapidez y en forma sencilla.

A continuación se presentan algunos de los más usuales.



MONÓGRAMA DE MANNING

ESTIMIOS HORARIOS DE LA VELOCIDAD



Este gráfico se puede utilizar para determinar la velocidad y la aceleración de un cuerpo en movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. El eje horizontal representa el tiempo desde el inicio del movimiento y el eje vertical la velocidad. Las líneas de puntos representan la velocidad y la aceleración de los cuerpos en movimiento.

GRAFICA DE GASTOS

PROYECTO DE ALCANTARILLADO

TABLAS PARA EL CALCULO DE GASTO EN TUBOS DE CONCRETO

Tubo de 1.83 m. de diámetro Área = 3.3033 m²

Tubo de 2.13 m. de diámetro Área = 3.5833 m²

Tubo de 2.44 m. de diámetro Área = 4.8760 m²

$$FORMULA DE MING V^3 = \frac{SQ}{K.C.T.1}$$

S	D = 1.83		D = 2.13		D = 2.44	
	V	Q	V	Q	V	Q
0.0010	0.4299	1.1570	0.4937	1.2234	0.5288	1.4620
0.0020	0.6331	1.6863	0.6946	1.8173	0.7466	2.0818
0.0030	0.7879	2.0020	0.8377	2.2551	0.8920	2.4644
0.0040	0.8791	2.3140	0.9273	2.5469	1.0337	2.9241
0.0050	0.9336	2.5671	1.0015	2.8337	1.1724	3.3053
0.0060	1.0318	2.7934	1.1343	3.0418	1.2348	3.3740
0.0080	1.0773	2.8340	1.1847	3.2815	1.2897	3.6309
0.0095	1.1815	2.8658	1.2331	3.3829	1.3424	3.7270
0.01070	1.1838	2.8671	1.2794	3.5597	1.3931	3.8138
0.01275	1.2243	2.9185	1.3244	3.7192	1.4420	3.9138
0.0150	1.2442	2.9335	1.3685	3.8264	1.4881	4.0317
0.02085	1.2821	2.9732	1.4101	3.9216	1.5331	4.1780
0.0250	1.3196	2.9710	1.4510	3.9703	1.5794	4.2861
0.0303	1.3559	2.9661	1.4907	3.9159	1.6239	4.3885
0.04120	1.3910	2.9587	1.5293	3.8499	1.6650	4.4856
0.05110	1.4265	2.9473	1.5641	3.7759	1.7041	4.5658
0.06120	1.4623	2.9329	1.6055	3.6701	1.7415	4.6287
0.07130	1.4982	2.9161	1.6439	3.5459	1.7784	4.6770
0.08140	1.5349	2.8971	1.6797	3.4084	1.8121	4.7121
0.09150	1.5717	2.8761	1.7131	3.2594	1.8434	4.7354

.....17

TABLA I DE SELECCION DIAMETROS D.O.F.

PROYECTO DE ALCANTARILLADO
 TABLAS PARA EL CALCULO DEL GASTO EN TUBOS DE CONCRETO

TUBO DE 1.07 m. DE DIAMETRO AREA = 0.8992 m²

TUBO DE 1.22 m. DE DIAMETRO AREA = 1.1650 m²

TUBO DE 1.32 m. DE DIAMETRO AREA = 1.8146 m²

$$\text{Fórmula de King } V^2 = \frac{S^4 \cdot 1.25}{0.071}$$

S	D = 1.07		D = 1.22		D = 1.32	
	V	Q	V	Q	V	Q
0.0010	0.3145	0.3828	0.3414	0.3991	0.3917	0.7109
0.0020	0.4448	0.4600	0.4828	0.5644	0.5540	1.0052
0.0030	0.5448	0.4893	0.5913	0.6913	0.6784	1.2311
0.0040	0.6291	0.5697	0.6828	0.7982	0.7824	1.4216
0.0050	0.7033	0.6324	0.7634	0.8924	0.8759	1.5893
0.0055	0.7376	0.6633	0.8007	0.9360	0.9186	1.6649
0.0060	0.7724	0.6928	0.8363	0.9776	0.9585	1.7410
0.0065	0.8019	0.7211	0.8724	1.0175	0.9986	1.8121
0.0070	0.8322	0.7483	0.9033	1.0559	1.0363	1.8825
0.0075	0.8614	0.7746	0.9350	1.0930	1.0727	1.9485
0.0080	0.8896	0.8000	0.9657	1.1288	1.1079	2.0104
0.0085	0.9170	0.8246	0.9954	1.1636	1.1420	2.0723
0.0090	0.9436	0.8485	1.0242	1.1975	1.1751	2.1323
0.0095	0.9695	0.8717	1.0523	1.2301	1.2073	2.1920
0.00100	0.9946	0.8944	1.0796	1.2617	1.2387	2.2477
0.00110	1.0430	0.9380	1.1323	1.3237	1.2991	2.3574
0.00120	1.0896	0.9798	1.1827	1.3825	1.3569	2.4622
0.00130	1.1341	1.0198	1.2310	1.4390	1.4123	2.5627
0.00140	1.1769	1.0582	1.2774	1.4933	1.4656	2.6595
0.00150	1.2182	1.0954	1.3223	1.5457	1.5171	2.7528
0.00160	1.2581	1.1313	1.3656	1.5964	1.5668	2.8431
0.00170	1.2969	1.1661	1.4077	1.6456	1.6150	2.9306
0.00180	1.3345	1.2000	1.4485	1.6933	1.6613	3.0156
0.00190	1.3710	1.2328	1.4882	1.7397	1.7074	3.0982
0.00200	1.4066	1.2649	1.5266	1.7849	1.7517	3.1787

TABLA 2 SELECCION DE DIAMETROS D.D.F.

SELECCION DE DIAMETROS EN EL TRAMO.

POR PENDIENTES

Inicialmente se determinó la pendiente en el desvío, esta pendiente se estableció en función de los niveles de plantilla tanto en el inicio del desvío como en la parte donde se proyectó la conexión al colector "La Viga".

La pendiente adoptada fue de una milésima, $S=0.001$, siendo ésta uniforme a todo lo largo del desvío. Conocida esta pendiente se determinó la del colector existente, considerando una pendiente media debido que el colector existente no contaba con pendiente uniforme, obteniéndose un valor de $S=0.0014$.

Una vez conocidas las pendientes, se procedió a la verificación en la forma siguiente:

- pendiente de proyecto $S_2 = 0.001$
- pendiente existente $S_1 = 0.0014$

sustituyendo:

$$S_2/S_1 = 0.001/0.0014 = 0.714 < 0.9$$

Como el resultado de la relación anterior es menor de 0.9 fue necesario aumentar el diámetro, el dimensionamiento con la nueva pendiente se efectuó de la forma siguiente:

Se utilizó la ecuación:

$$D = [(Qn) / (0.31169 S^{1/2})]^{2/5}$$

donde:

S Pendiente del colector de proyecto = 0.001

n Coeficiente de rugosidad 0.013

D Gasto del colector original = 4.495 m³/seg

Sustituyendo:

$$D = [(4.495 \times 0.013) / (0.31169) (0.001)^{1/2}]^{2/5}$$

$$D = [0.058435 / 0.00985635]^{2/5}$$

$$D = [5.92864]^{0.4}$$

$$D = 1.95 \text{ m.}$$

Lo anterior comprueba que el diámetro se tuvo que incrementar de 1.83 m a 1.95 m, pero como este diámetro no es comercial se empleó el de 2.13 m con el cual se puede conducir un gasto de 5.69 m³/seg proporcionando una holgura a la conducción.

POR APORTACION.

En el tramo en estudio solo se presenta una aportación adicional, que es la conexión del colector Francisco Ayala de 1.22 m de diámetro el cual aporta un gasto de 0.94 m³/seg.

Al sumar este gasto al conducido por el colector 10 de proyecto se obtuvo un nuevo gasto, con el cual se revisó nuevamente el diámetro propuesto para el desvío, de acuerdo a lo siguiente:

$$* \text{ gasto colector Francisco Ayala} = 0.94 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$* \text{ gasto colector 10 (proyecto)} = 4.50 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$\text{G A S T O T O T A L} = 5.44 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con el análisis anterior, se comprueba que el diámetro de 2.13 m propuesto tiene la capacidad suficiente para recibir la aportación del colector Francisco Ayala, ya que es capaz de conducir 5.69 m³/seg, lo que representa una holgura sobre el gasto de aportación total.

Por otra parte, cabe destacar como puede apreciarse en el proyecto correspondiente, el Colector 10 cuenta con una derivación hacia el interceptor Centro-Centro del Drenaje Profundo, con el cual este colector tendrá alivio en el período de lluvias por lo que seguramente el margen de holgura mencionado se ampliará de manera importante.

V.3 ESTRUCTURAS ESPECIALES.

En todo proyecto definitivo de drenaje se deben incluir las estructuras especiales necesarias para su adecuado funcionamiento, dichas estructuras son las que nos permiten la conexión de dos o más colectores o absorber los cambios de dirección. Estas estructuras se utilizan en colectores mayores de 0.76 m cuando se trata de conexión y de 1.07 m en cambio de dirección.

En las estructuras especiales tenemos:

- cajas de conexión,
- cajas de deflexión, y
- pozos caja.

CAJAS DE CONEXION.

Se proyectan en la unión de dos o más colectores, estas cajas pueden ser de diferente forma geométrica, dependiendo de los aspectos siguientes:

- a) Número y diámetro de los conductos que concurren a ella.
- b) Angulo de incidencia entre los colectores principales.
- c) Espacio suficiente para realizar maniobras de inspección y limpieza.
- d) Area disponible en la zona, para alojar la caja.

De acuerdo a los aspectos anteriores la forma de las cajas puede ser:

PENTAGONALES.-

Este tipo de caja es la de uso más común, debido a que por lo general cuando se desea iniciar o cerrar un desvío, conectando un colector de proyecto a un existente, se procura un ángulo menor de 90° , próximo a los 45° . En la figura V.2. se muestra el diseño de las cajas pentagonales.

CUADRADAS O RECTANGULARES.-

Se utilizan cuando la incidencia entre los colectores forman un ángulo β , donde:

$$80 \leq \beta \leq 90$$

CIRCULARES.-

Se utilizan para deflexiones entre 30° y 90° y para diámetros de 1.22 m o mayores. Las cajas circulares tienen un diámetro interior de 5.10 m y 6.10 m exterior, y están constituidas por dos muros perimetrales de 0.25 m de espesor; el muro exterior lo constituye dovelas prefabricadas de 0.77 m de cuerda instaladas conforme al avance de la excavación cumpliendo así una doble función, como ademe y complemento del muro estructural. La construcción de estas cajas es común cuando se tienen varias descargas, porque se evita el diseño de una caja irregular, además permite un proceso de construcción rápido.

POLIGONAL IRREGULAR.-

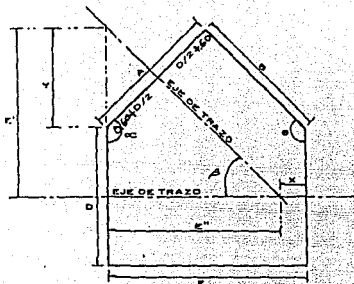
Cuando más de dos colectores se unen en el mismo punto, la geometría de la caja es irregular; su diseño depende del número de llegadas y de la ortogonalidad que debe existir en-

tre el muro de la caja y el eje del colector.

DISEÑO GEOMETRICO.

Para ejemplificar la forma en que se diseñaron geométricamente las cajas de conexión en el desvío, se expondrá el diseño de la caja ubicada en Calzada de la Viga y José Algara Cervantes, por ser la de mayor amplitud. Por medio de esta caja se conecta el colector de proyecto al existente "La Viga", ambos tienen un diámetro de 2.13 m y forman un ángulo de $80^{\circ} 54' 12''$.

Conocidos los datos anteriores se trazan los ejes de los colectores que concurren a la caja, posteriormente se propone los muros de acuerdo a la simetría de los colectores, teniendo en cuenta que el espacio necesario entre paños del muro y del colector debe ser de 60.00 cm como mínimo. Debido que el ángulo de incidencia no es menor de 90° , la caja adoptará una forma cuadrática irregular, sus dimensiones se obtienen trigonométricamente en la forma siguiente, (ver figura V.3).

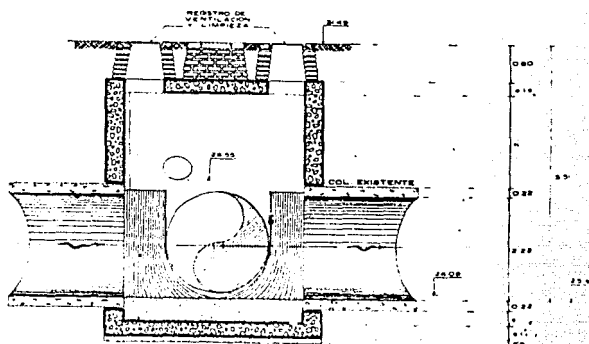


ANALISIS GEOMETRICO

- a) $E = A / \text{Sen } \alpha$
- b) $B = E \text{ Sen}(90^\circ - \beta) = \frac{A}{\text{Tan } \beta}$
- c) $Y = 0.5 A / \text{Cos } \alpha$
- d) $E' = 0.5 B + 0.5 A / \text{Cos } \beta$
- e) $E'' = \frac{E'}{\text{Tan } \beta}$
- f) $X = E - E''$
- g) $\alpha = 180^\circ - \beta$
- h) $\theta = 90^\circ + \beta$

NOTA: LAS ACOTACIONES SON A PAÑOS INTERIORES DE LAS CAJAS.

FIGURA V.2 DISEÑO GEOMETRICO DE CAJAS TIPO: PENTAGONAL.



CORTE B-B
CAJA DE CONEXION 2
 ESCALA 1:50.

FIGURA V.3 CAJA DE CONEXION UBICADA EN LA VIGA

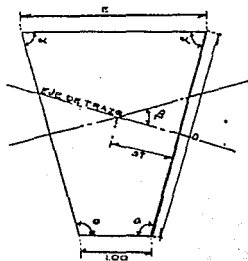
CAJAS DE DEFLEXION.

Las cajas de deflexión se proyectan en los cambios de dirección del trazo, su geometría depende de los mismos factores mencionados para las cajas de conexión pero como su nombre lo indica el parámetro principal lo constituye el ángulo de deflexión.

En base a este ángulo la geometría puede variar desde trapecial hasta rectangular.

Las Trapeciales se utilizan en deflexiones entre 15° y 60° , cuando la deflexión es mayor se utiliza caja tipo hexagonal irregular, y sólo para valores próximos a 90° , su geometría es rectangular. La caja Circular es aplicable en cualquier deflexión, pero tiene el inconveniente de ocupar mayor espacio.

En la figura V.4, se muestra el diseño de estas cajas.



$$10^\circ < \beta \leq 90^\circ$$

$$D = d \operatorname{csc} \beta + 1.20 \text{ m}$$

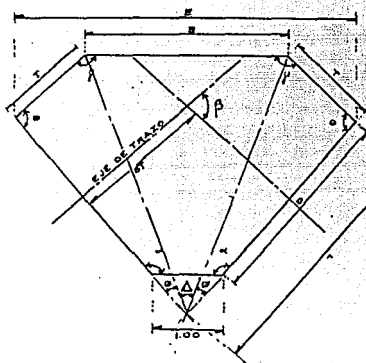
$$d = \frac{0.5}{\cos \beta/2} + \frac{D}{2} \tan \beta/2$$

$$= \left(\frac{0.5}{\cos \beta/2} + \frac{D}{2} \right) \tan \beta/2$$

$$E = 1 + 2D \operatorname{sen} \beta/2$$

$$\alpha = 90^\circ - \beta/2$$

$$\theta = 90^\circ + \beta/2$$



$$60^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$D = d \operatorname{csc} \beta + 1.20 \text{ m}$$

$$\alpha = 90^\circ + \beta/2$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta/2$$

$$\Delta = \beta/2$$

$$\delta = \beta/4$$

$$r = \frac{D}{\sin \beta/2} + \frac{0.5}{\tan \beta/2}$$

$$t = r \tan \beta/4$$

$$E = 1 + 2D \operatorname{sen} \beta/2$$

$$d = E - 2 (T \cos \beta/2)$$

$$d = \frac{0.5}{\cos \beta/2} + \frac{D}{2} \tan \beta/2$$

NOTA: LAS DISTANCIAS SON A PAÑOS INTERIORES DE CAJAS

FIGURA V.4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAJAS DE DEFLEXIÓN

V.4 PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

En los incisos anteriores se mencionaron las diferentes estructuras especiales necesarias para la realización del desvío del colector 10, estas son: cajas de deflexión y conexión, así como también la necesidad de utilizar un procedimiento constructivo especial para el cruce con la línea 2 en la calzada San Antonio Abad sin afectar el tránsito vehicular.

En este inciso se expondrán las técnicas y procedimientos generales para la construcción de dichas estructuras.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS CAJAS DE DEFLEXION.

Este procedimiento se realizó de forma parecida al empleado para la excavación y construcción de las cajas de válvulas de agua potable mencionado en el capítulo anterior, realizando la excavación a cielo abierto, utilizando una estructura de contención constituida por viguetas de acero, tablonnes y largueros de madera, vigas madrinas y puntales de acero; colocando la losa de piso y los muros de la caja de concreto armado, dejando preparaciones en los sitios de conexión para el cambio de dirección del colector de desvío.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA CAJA DE CONEXION C1

El procedimiento constructivo se efectuó también en forma similar que en las cajas de válvulas para agua potable, exceptuando lo siguiente:

Una vez colocados los primeros puntales, se excavó hasta descubrir tres cuartas partes del diámetro exterior del co-

lector existente, donde se suspendió temporalmente la excavación para realizar la construcción de las silletas que soportan a dicho colector. A partir de este nivel se profundizó la excavación en dos zanjas donde se alojaron las silletas, en estas zanjas se colaron losas de piso a cada lado de los ejes de las silletas, mismos que formaran parte de la losa de piso de la caja.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TUNEL PARA EL DESVIO DEL COLECTOR 10 EN EL CRUCE DE LA CALZADA SAN ANTONIO ABAD Y LA CALLE ROA BARCENAS.

El desvío del colector de 2.13 m de diámetro que cruza bajo la línea 2 del Metro, se realizó mediante la construcción de un túnel con un diámetro exterior de 2.25m y con una longitud de desarrollo de 44.00 m aproximadamente, tal como se muestra en la figura V.5. La sección del túnel está constituida por un revestimiento primario a base de dovelas metálicas y un revestimiento definitivo de concreto reforzado.

La construcción del túnel se realizó de la siguiente forma:

Para la excavación se utilizó un escudo de frente abierto, el cual consiste en un cilindro de acero de 2.55 m de diámetro que cuenta con un sistema de gatos hidráulicos para el empuje, y aditamentos para la excavación y colocación del revestimiento primario.

Para la presentación del escudo a la profundidad de proyecto fue necesario la construcción de cajas con geometría circular, constituidas por un ademe provisional de dovelas de concreto reforzado y por un revestimiento definitivo de con-

creto, excepto en el área en que se alojó la sección del escudo y de esta forma poder iniciar la construcción del túnel.

Previo a cualquier avance del escudo fue necesario realizar un mejoramiento en el terreno del frente de ataque, lo cual se logró mediante una inyección de consolidación.

Una vez mejorado el terreno se procedió al avance del escudo, para esto se construyó una estructura de atraque donde se apoyaron los gatos hidráulicos, tal como se muestra en la figura V.6. El avance se realizó en tramos de 45 cm máximo para permitir la colocación de las dovelas metálicas en el túnel, siguiendo el siguiente proceso:

REVESTIMIENTO PRIMARIO.

Terminado el empuje del escudo en un tramo se retrajeron totalmente los gatos hidráulicos y se procedió a la colocación de dovelas metálicas, empezando por colocar las de la cubeta hasta llegar a la clave, donde se colocó una dovela de cierre que acuñó el anillo.

Durante la colocación del revestimiento primario se consideró la pendiente del tramo con el objeto de cumplir con el trazo y perfil del proyecto, para esto se colocaron láminas metálicas entre la unión de dovelas.

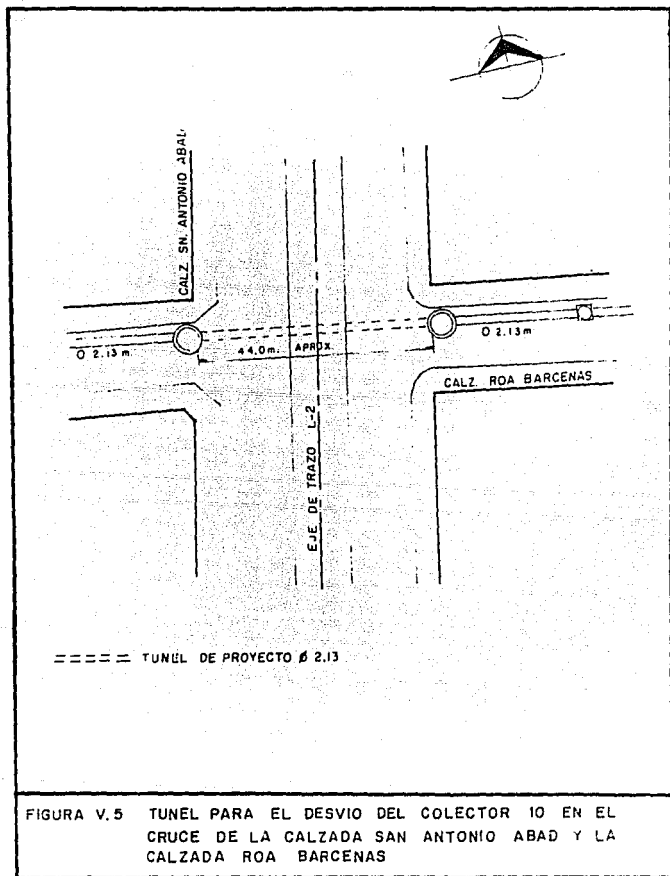
Una vez que se realizó la excavación y colocación del revestimiento primario en la longitud total del túnel se procedió a la construcción del revestimiento definitivo de la

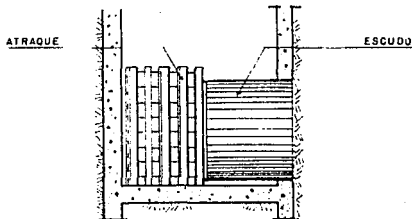
forma siguiente:

REVESTIMIENTO DEFINITIVO.

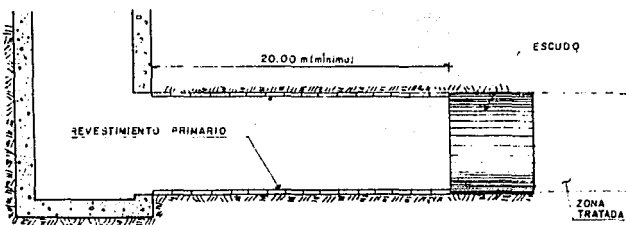
Este revestimiento se constituyó mediante concreto reforzado, colado en forma convencional y con concreto lanzado.

Inicialmente se realizó el colado de la cubeta del túnel en forma convencional y posteriormente las paredes y la clave mediante concreto lanzado. El acabado final fue liso, con el fin de evitar pérdidas, esto se realizó a base de un aplanado de mortero y una capa de pintura asfáltica. De ésta forma se solucionó el cruce con Av. San Antonio Abad y la línea 2 del Metro sin afectar a esta importante vialidad, construyendo un túnel e integrándolo como parte del colector de desvío en un diámetro de 2.13 m.





COLOCACION DE LA ESTRUCTURA DE ATRAQUE Y PRIMEROS AVANCES.



AVANCE DEL ESCUDO Y COLOCACION DEL REVESTIMIENTO PRIMARIO.

FIGURA 7.6 AVANCE DEL ESCUDO

CONCLUSION

En el presente trabajo se presentó la elaboración de los desvíos provocados por la construcción de la línea 9 del Metro, tanto de agua potable como de drenaje.

Para el caso del agua potable se efectuaron tres desvíos de tuberías primarias de 0.91 y 1.22 m de diámetro, ubicadas en las calles J. A. Torres, Dr. Jiménez y Dr. Andrade, mediante estas líneas se abastecen gastos de 1.00 y 1.75 m³/seg. La solución a estas interferencias se efectuó mediante desvíos puntuales, utilizando "By Pass con sifón y galería de protección". El empleo de este tipo de solución permitió realizar la construcción del Metro, cruzando la tubería por la parte superior del cajón. Las condiciones hidráulicas en las tuberías utilizadas son similares a las de las tuberías originales, por lo que el abastecimiento de agua potable en la zona mantiene su eficiencia normal.

En el caso del drenaje se realizó el desvío del "Colector 10" de diámetro variable desde 1.52 hasta 1.83 m con el cual se drenaba un área de 4.58 Km aproximadamente. Este colector presentó interferencia longitudinal con la línea del Metro a lo largo de 3,300 mts.

Para solucionar esta interferencia se optó por realizar un desvío largo con soluciones en vialidad paralela y en misma

vialidad, el diámetro proyectado en el desvío varía desde 1.52 hasta 2.13 m, con pendiente constante de valor $S=0.001$. La tubería proyectada es capaz de conducir un gasto $Q=4.50$ m³/seg, con el cual se logra drenar la zona en forma similar al colector original, y aun más mejorándolo en período de lluvias, ya que el colector de proyecto cuenta con una conexión al drenaje profundo, la que permite descargar en períodos críticos.

Para la elaboración de los proyectos anteriores fué necesario inicialmente realizar algunos estudios preliminares con la finalidad de determinar las características y tipos de interferencias presentadas, posteriormente se plantearon las posibles soluciones aplicables en cada caso, para finalmente elaborar los proyectos definitivos. En la realización de los proyectos definitivos se determinó el trazo geométrico definitivo, así mismo el diseño de las estructuras especiales necesarias para el adecuado funcionamiento de los desvíos, finalmente se presentaron algunos procedimientos constructivos especiales importantes.

De esta forma, fueron abordados cada uno de los aspectos que intervienen en la elaboración de los proyectos, además que los desvíos presentados constituyen los de mayor relevancia entre los desvíos de instalaciones hidráulicas.

Por lo anterior consideramos, que el presente trabajo podrá ser de utilidad para futuras generaciones ya que permite conocer la ejecución, metodología y ciertos criterios para la elaboración de proyectos de este tipo, los cuales sin duda seguirán aplicandose dado que la construcción de una red de Sistema de Transporte Colectivo "Metro" en las ciudades importantes de nuestro país es cada vez más próxima.

BIBLIOGRAFIA

- 1 **Manual de Hidráulica**
Acevedo-Alvarez
Editorial Harla 6a Edición 1975
- 2 **Apuntes de Alcantarillado Urbano**
Centro de Educación Continua
U.N.A.M. 1981
- 3 **Manual de Diseño de Obras Cíviles**
Comisión Federal de Electricidad, "Tuberías a Presión "
México , 1984
- 4 **Manual Básico de Operación y Proyectos**
COVITUR, D.D.F.
México 1984
- 5 **Memorias de COVITUR 77-82**
COVITUR, D.D.F.
México, 1983
- 6 **Hidráulica General**
Solelo Avila
Editorial Limusa
- 7 **Ingeniería Sanitaria**
Hardenberg y Rodie
Editorial C.E.C.S.A. 1a Edición
- 8 **Costo y Tiempo en Edificación**
Suárez Salazar
Editorial Limusa 1a Edición

- 9 Mecánica de Fluidos**
Roberson-Crowe
Editorial Interamericana 1a Edición
- 10 Abastecimiento de Agua Potable y Remoción de Aguas Residuales**
Fair-Geyer- Okum
Editorial Limusa