



153  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA ZEZ

PRINCIPALES INTERFERENCIAS  
HIDRAULICAS CAUSADAS POR LA  
CONSTRUCCION DE LA  
LINEA 8 DEL METRO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
CARLOS ENRIQUE TREJO CABALLERO

ASESOR: ING. JOSE MARIO AVALOS HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-103/94

Señor  
**CARLOS ENRIQUE TREJO CABALLERO**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. JOSE MARIO AVALOS HERNANDEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

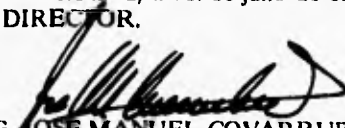
**"PRINCIPALES INTERFERENCIAS HIDRAULICAS CAUSADAS POR LA CONSTRUCCION DE LA LINEA 8 DEL METRO"**

- INTRODUCCION
- I. MARCO DE REFERENCIA
- II. TIPOS DE INTERFERENCIAS HIDRAULICAS EN LA CONSTRUCCION DE LA LINEA 8 DEL METRO
- III. LOCALIZACION Y PROBLEMATICA DE INTERFERENCIAS CON LA LINEA 8 DEL METRO
- IV. METODOS DE SOLUCION A INTERFERENCIAS CON LA LINEA 8 DEL METRO
- V. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 1o. de julio de 1994.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

f. JMCS/RCR\*nl1

*Salmos 138*

*Señor, tú me examinas con la mirada y me conoces. Tú sabes cuando me siento y me levanto. Desde lejos conoces lo que pienso. Tú sabes si estoy en movimiento o descanso, todos mis caminos te son conocidos. No tengo todavía la palabra en la boca, cuando tú ya lo sabes por completo.*

*Por detrás y por delante me rodeas, tú me cubres con la palma de tu mano.*

*Tanto saber es un prodigio para mí: ¡Tan sublime que no puedo comprenderlo!*

*¿A dónde podría ir lejos de tu espíritu o escapar de tu mirada? Si escalo el cielo, allí estás tú. Si me voy a la región donde los muertos moran, allí estás tú. Si tomara las alas de la aurora para habitar donde el océano no se termina, aun allí tu brazo alcanza me daría y podrías agarrarme con tu mano. Si digo: "Hágase la noche en torno mío y quede así envuelto en las tinieblas", resulta que las tinieblas para ti no son oscuras pues la noche te es clara como el día. Si, eres tú quien formaste mi interior, tú me lejiste en el seno de mi madre. Gracias te doy por tal prodigio.*

*Con cariño para quien siempre ha estado a mi lado, Dios.*

He conocido a muchas personas, pero como ellos  
no hay otros, mis padres: Daniel y Rosalina.

Juntos, han velado por mí, me han dado la  
mano para levantarme desde mis primeros pasos hasta ahora.

También, han dividido mis penas y multiplicado mis triunfos.

Y por eso, aprovecho esta ocasión para honrarlos y  
agradecerles lo mucho que han hecho por mí.

Los quiero: Carlos Enrique.

A mis cuñados:

Gregorio

Miwani

Elvia

A mis hermanos:

Judith

Rosario

Juan

Cecilia

A mis sobrinas latosas como el perro:

Diana

Cynthia

Tora

Paola

David

Samuel

Y a toda mi demás familia.

Cuentan de un sabio que un día,  
tan mísero y pobre estaba,  
que solo se sustentaba,  
de unas yerbas que cogía.  
¿Habrá otro -entre sí decía-  
más pobre y triste que yo?  
Y cuando el rostro volví,  
hallé la respuesta viendo,  
que otro sabio iba cogiendo  
las hojas que él arrojó.

Con cariño para todos los profesores que compartieron conmigo sus conocimientos.

Agradezco a la U.N.A.M. por haberme permitido ser parte de ella y llevar con orgullo la dicha de haber estudiado en la Facultad de Ingeniería.

Agradezco al Ing. Alberto Aguilar por haberme animado a estudiar ingeniería.

De una manera especial, le agradezco al Ing. Raúl Nuñez, por su apoyo y conocimientos aportados para el desarrollo de mi tesis.

Agradezco al Ing. Luis García, quien también compartió conmigo sus conocimientos para desarrollar mi tesis. Aprovecho para agradecerle a su hijo Luis Denaro por haberme acercado a la D.D.C.O.H.

Agradezco al Ing. Avalos por haber aceptado ser mi director de tesis y por la paciencia que me tuvo.

Es la amistad de un amigo la que nos hace fuertes,  
porque con él puedo expresarme en voz alta,  
con él luchó con mis problemas y yo con los de él,  
con él puedo ser sincero y demostrarle mi amistad.

Gracias a Dios que podemos escoger nuestras amistades.

Bien dicho está que entre las amistades no hay condiciones,

y si alguien te habla de odio y rencor,

no le des la espalda, si no pídele que cambie

y sea una persona honesta.

¡ Coronemos al amigo con quírnaldes !

La amistad no se compra, si no se gana con la sinceridad y comprensión.

La amistad de un amigo es vital, y junto conmigo cumplimos esta misión.

Con cariño para todos mis amigos y amigas.

E



## Indice.

	Página.
Introducción. ....	1
Tema I. Marco de referencia. ....	5
I.2.0. Esquema vial de la Ciudad de México. ....	5
I.2.0. El Sistema de Transporte Colectivo Metro. ....	8
I.2.1. Definición. ....	8
I.2.2. Las líneas del Metro. ....	8
I.3.0. Línea 8 del Metro. Primera etapa. ....	10
I.3.1. Localización. ....	10
I.3.2. Longitud y trazo. ....	10
I.3.3. Obra civil. ....	12
I.3.4. Estaciones. ....	13
I.3.5. Capacidad. ....	14
I.3.6. Capacidad del sistema. ....	14
I.3.7. Mantenimiento. ....	14
I.3.8. Puentes vehiculares. ....	14
I.3.9. Programa. ....	17
I.3.10. Datos técnicos. ....	18
I.3.11. Polígono de cargas.Horizonte 2000. ....	19

<b>Tema II. Tipos de interferencias hidráulicas en la</b>	
<b>construcción de la línea 8 del Metro.</b>	20
<b>II.1.0. Definición.</b>	20
<b>II.2.0. Tipos de interferencias.</b>	20
<b>II.2.1. Cruce de una tubería de saneamiento con una</b>	
<b>tubería de agua potable.</b>	20
<b>II.2.2. Cruce con explanaciones de autopistas, ferrocarriles,</b>	
<b>puentes, entre otros.</b>	21
<b>II.2.3. Cruce de una tubería de drenaje o agua potable</b>	
<b>con el cajón del Metro.</b>	21
<b>II.2.4. Cruce de tuberías con explanaciones del Metro.</b>	24
<b>II.3.0. Clasificación de interferencias por su diámetro.</b>	26
<b>Tema III. Localización y problemática de interferencias</b>	
<b>con la línea 8 del Metro.</b>	27
<b>III.1.0. Problemática.</b>	27
<b>III.2.0. Localización de interferencias.</b>	30
<b>III.2.1. Drenaje.</b>	31
<b>III.2.2. Agua potable.</b>	34

<b>Tema IV. Métodos de solución a interferencias</b>	
con la línea 8 del Metro.	38
<b>IV.1.0. Objetivo.</b>	38
<b>IV.2.0. Soluciones de drenaje.</b>	39
<b>Interferencia 1.</b>	40
<b>Interferencia 2.</b>	42
<b>Interferencia 3.</b>	44
<b>Interferencia 4.</b>	47
<b>Interferencia 5.</b>	50
<b>Interferencia 6.</b>	52
<b>Interferencia 7.</b>	55
<b>Interferencia 8.</b>	57
<b>Interferencia 9.</b>	60
<b>Interferencia 10.</b>	62
<b>IV.3.0. Soluciones de agua potable.</b>	65
<b>INAP1.</b>	66
<b>INAP2.</b>	68
<b>INAP3.</b>	70
<b>INAP4.</b>	72
<b>INAP5.</b>	74
<b>INAP6.</b>	76
<b>INAP7.</b>	78
<b>INAP8.</b>	80

INAP9.	.....	82
INAP10.	.....	84
IV.4.0. Cruce de la línea 8 del Metro con el		
Viaducto Río de la Piedad.	.....	86
IV.4.1. Sistema de Presas del Poniente del D.F.	.....	86
IV.4.2. Localización.	.....	87
IV.4.2.a. Esquema del Sistema de Presas del Poniente.	.....	88
IV.4.2.b. Area de cuencas.	.....	89
IV.4.3. Operación.	.....	90
IV.4.4. Viaducto Río de la Piedad.	.....	90
IV.4.5. Características hidráulicas del Río de la Piedad.	.....	92
IV.4.6. Interferencia de la línea 8 del Metro con el		
Viaducto Río de la Piedad.	.....	93
IV.4.7. Problemática de la interferencia.	.....	93
IV.4.8. Solución a la interferencia.	.....	94
IV.4.9. Primera etapa.	.....	94
IV.4.10. Segunda etapa.	.....	95
Figura A.	.....	98
Figura B.	.....	99
Figura C.	.....	100
Figura D.	.....	101
Figura E.	.....	102
Figura F.	.....	103

Tema V. Conclusiones. .... 104

Bibliografía. .... 105

## **Introducción**

Desde tiempos antiguos, el hombre ha tenido que trasladarse de un lugar a otro para poder hacer frente a las necesidades de la época que le halla tocado vivir; es decir, el hombre ha estado en constante movimiento, y de ese ir y venir poco a poco fue ampliando la perspectiva de la cultura humana, la cual se ha ido extendiendo hasta conquistar el espacio y llegar, en nuestra época, a la integración de una sociedad.

Todo comienza con la construcción de brechas, que consistían simplemente en la limpieza de una pequeña parte de suelo para poder ser transitable. En México, hay registros antiguos en donde se mencionan los antiguos caminos prehispánicos, uno de éstos es la construcción de la calzada que iba de Xochimilco hasta Teotihuacán, la cual era una simple brecha a través de las áreas vírgenes que existían en esa época.

Respecto a las rutas, se han localizado las vías terrestres de comunicación Mexica, las cuales eran ya una verdadera red caminera de comunicación y transporte de esa época, éstas eran:

De Tenochtitlan a: Texcoco, Teotihuacán y Tollancingo.

De Tollancingo a: Papantla y Veracruz.

De Tenochtitlán, a: Xicalanco, Tehuantepec y Tuxtla.

También los Olmecas construyeron caminos en el Golfo de México, éstos recorrían la península de Yucatán, Belice y Centro América.

Después de haberse consumado la conquista, Hernán Cortés ordenó la construcción del

camino de Tenochtitlán a Veracruz con la finalidad de tener una mejor comunicación con España. Posteriormente, el Virrey Antonio de Mendoza ordenó la construcción de importantes caminos dentro de los cuales podemos mencionar el de México a Acapulco.

La construcción y conservación de caminos que se hicieron durante la colonia estaba auspiciada por el sistema de consulados que se había establecido al concluir la conquista.

A finales del Virreynato, la Nueva España contaba con caminos más mejorados por los que se podía transitar; el sistema carretero del país estaba formado por 55 rutas de carretera y 105km de herradura. Su longitud total era de 27,325km de los cuales 19,720km correspondían a caminos que solo permitían el paso de peatones y bestias, los otros 7,605km permitían el tránsito rodado.

Los caminos principales eran de México a Veracruz, México a Acapulco, México a Guatemala por Chiapas, De Guadalajara a San Blas, De Zacatecas a Monclova, De Durango a Morelia y De México a Querétaro y San Luis Potosí.

Debido a los movimientos de independencia en 1810 y hasta mediados de ese siglo, el país quedó en estado de ruina, lo cual generó que impidiera el desarrollo carretero. Posteriormente, en 1869, en el periodo presidencial de Benito Juárez, El Consejo de la Unión aprobó para el ejercicio fiscal (1868-1869) la cantidad de \$1,200,000.00 para la construcción y reparación de caminos.

Durante el Porfiriato, se le dió un mayor auge a la construcción de vías férreas, que en ese tiempo no sobrepasó los 1000km.

La aparición del automóvil en México provocó que se hicieran algunas adaptaciones en los caminos, y en 1905 se estableció una junta directriz encargada de construir y reparar los caminos troncales; así pues, los primeros trabajos se iniciaron en los tramos que unían a la Ciudad

de México con Tula y Puebla, y se empezó la carretera a Acapulco, inaugurándose los primeros 52km del tramo Iguala - Chilpancingo en 1910.

En 1925, el presidente Plutarco Elías Calles dispuso la creación de la Comisión Nacional de Caminos, lo que significó el punto de partida de la gran obra caminera con la que contamos actualmente.

Entre 1925 y 1930 se entregaron los primeros 1,420km de carreteras, con esto se había integrado al tráfico automovilístico el 1% del territorio nacional. En la década siguiente se aumentaron 8,500km, y así quedó integrado el 9% del territorio nacional.

El 22 de Diciembre de 1949 se creó el Comité Nacional de Caminos Vecinales y se elaboró una fórmula de financiamiento tripartita que consistía en repartir el costo de las obras en partes iguales entre la Federación, los gobiernos estatales y los particulares.

En la década de los 50's se construyeron 22,440km de carreteras, duplicando así la red existente y alcanzando una longitud de 44,890km que integró el 27% del territorio nacional.

En la década de los 60's, destaca el esfuerzo de la entonces Secretaría de Obras Públicas por continuar con la construcción de caminos a un ritmo acelerado, sumando así 26,630km más, de los cuales, 42,754km estaban pavimentados, quedando comunicado el 31% del país.

En 1971 se inició el Programa de Caminos de Mano de Obra en las regiones inaccesibles y marginadas del país, y para 1975 significó 60,000km de caminos transitables.

Para 1988 había aproximadamente 1000km de carreteras de altas especificaciones y se cambió la estrategia de financiamiento para su construcción; se invitó a los particulares a participar, concesionándoles su operación por un plazo determinado, con el fin de permitir la recuperación de la inversión con utilidades atractivas y garantías jurídicas.



Durante la administración del presidente Salinas de Gortari se le dió prioridad al Programa Nacional De Modernización del Transporte (1989 - 1994);resaltando los avances logrados hasta 1991 en materia de construcción de obras de infraestructura.

De 1989 a 1992, en su mayoría mediante concesión, se construyeron y pusieron en servicio 1,834km de autopistas de 4 carriles, casi el doble de las que se operaron el país por mas de 20 años.

Actualmente México cuenta con un sistema carretero suficiente extenso de 239,235km.<sup>1</sup>

Como se ha mencionado, la infraestructura carretera constituye y ha constituido uno de los servicios públicos de carácter estratégico en la vida, ya que integra social, económica, política y culturalmente a los mexicanos en el territorio nacional, permitiendo su participación eficiente en el contexto de la comunidad internacional.

Por su importancia, la red carretera no solo ha contribuido a la movilización de personas y mercancías, si no también a la expansión industrial, la conformación del desarrollo regional y urbano, y a la distribución de las actividades económicas en el territorio nacional.

Por lo tanto, la red caminera tiene una importante participación en la economía nacional.

Por lo que respecta a la Ciudad de México, con características propias en el mundo, es cada vez más difícil proporcionarla de los servicios básicos, como suministro de agua potable, desalojo de aguas negras y pluviales, suministro de energía eléctrica, desalojo de basura, control de delincuencia, contaminación, y transporte entre otros.

---

<sup>1</sup> Datos obtenidos hasta el 31 de Diciembre de 1992 según SCT.

## **Tema 1 Marco de referencia.**

### **1.1 Esquema vial de la Ciudad de México.**

La Ciudad de México cuenta con una verdadera red vial, con la cual quedan integrados los puntos de mayor importancia. Se cuenta con vías principales que son auxiliadas por ejes viales, los cuales tienen características comunes, tales como tener un trazo perpendicular entre ellos, contar con un carril de contrasentido que sirve para disminuir el tiempo de recorrido en algunos sistemas de transporte público, de emergencia y protección civil; también, una característica muy común, es que dependiendo del lugar de ubicación, el eje vial tomará su nombre con referencia a los puntos cardinales, norte, sur, oriente ó poniente.

De entre las vialidades de mayor importancia se pueden mencionar las siguientes:

Av. Chapultepec.

Anillo Periférico.

Calzada Tlalpan.

Av. Insurgentes.

Av. Río Churubusco.

Viaducto Miguel Alemán.

Av. Paseo de la Reforma.

Circuito interior.

Calzada Ermita Iztapalapa.

Calzada de la Viga.

Av. División del Norte.

Calzada I. Zaragoza.

Av.Revolución.

Av.Rio San Joaquin.

Fco del Paso y Troncoso.

Av.Congreso de la Unión.

Fray Servando Teresa de Mier.

Dr.Rio de la Loza.

Av.Canal de Miramontes.

Al igual que las vías de mayor importancia, algunos de los ejes viales son:

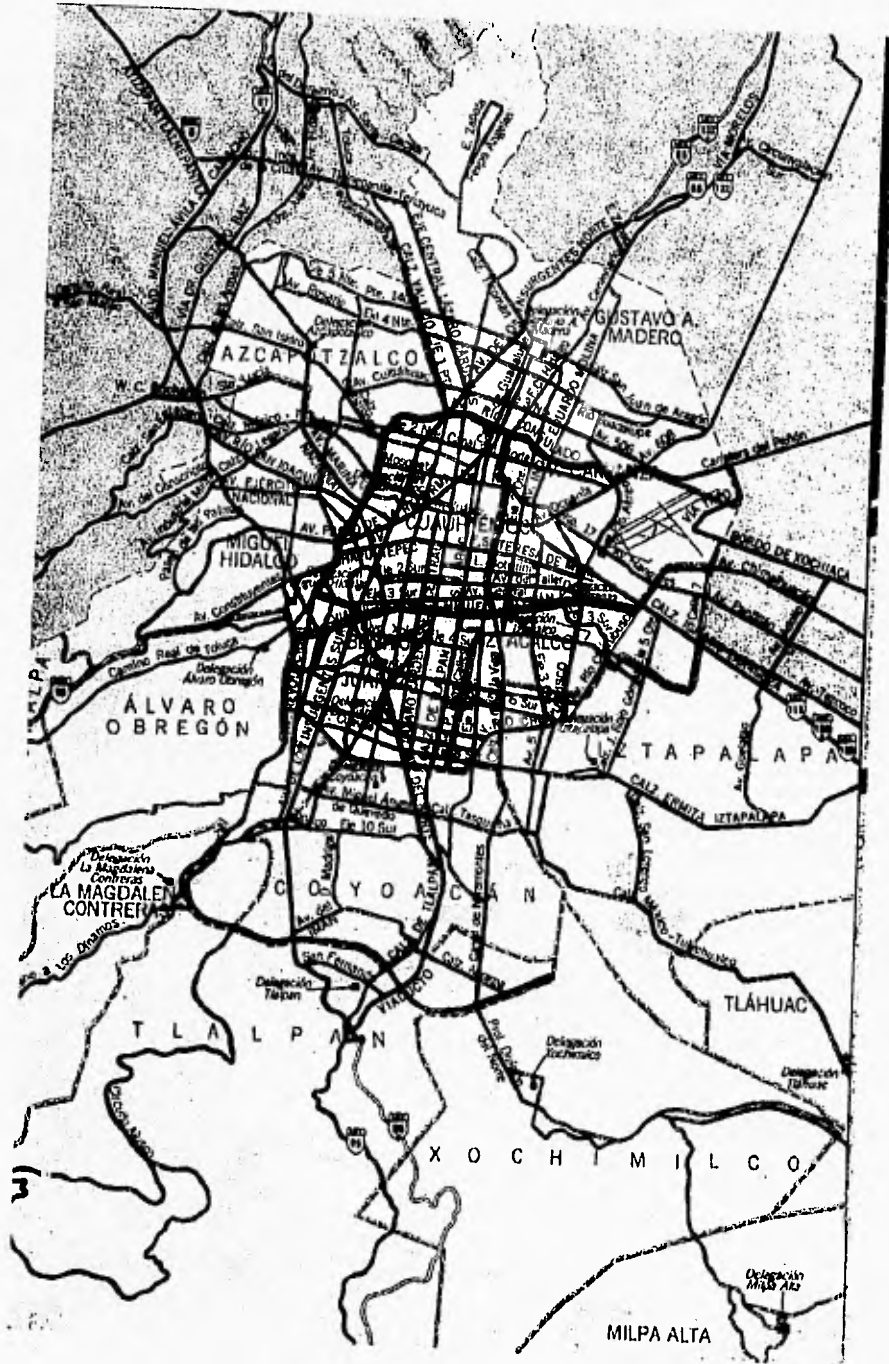
Eje central Lázaro Cárdenas - Con sentido sur a norte. Comienza en la alberca olímpica, atraviesa el Viaducto Miguel Alemán, Av.Dr.Rio de la Loza, Paseo de la Reforma, Salto del agua, Circuito interior y termina en el comienzo de la autopista a Querétaro.

Eje 5 Norte - Tiene una circulación de oriente a poniente. Esta sobre las calles de Montevideo, Calzada San Juan de Aragón y termina en el comienzo de la autopista a Querétaro.

Eje 3 Sur - Con sentido de oriente a poniente. Comienza en la avenida Parque Lira, después toma la Av.Benjamin Franklin, Av.Baja California, Chabacano, Morelos, y termina en el velódromo olímpico. Este eje atraviesa vías importantes como Av.Insurgentes, Eje 1 poniente, Eje central Lazaro Cárdenas, Calzada Tlalpan, Av.Congreso de la Unión y Francisco del Paso y Troncoso.

Actualmente se pretende mejorar el sistema vial mediante la integración de un circuito periférico que comunicará el oriente de la ciudad con el sistema vial existente. Se puede citar como ejemplo, la construcción del arco norte y periférico oriente.

Figura.1. Esquema vial de la Ciudad de México.



## **1.2.0. El Sistema de Transporte Colectivo Metro.**

### **1.2.1. Definición.**

Es un sistema metropolitano de transporte público masivo que consta de 9 líneas y dos auxiliares,todas intercomunicadas,el sistema tiene un total de 178 km y cuenta con 167 estaciones. Este sistema transporta 5 millones de pasajeros al día,lo cual representa el 25% de la población de la zona metropolitana de la Ciudad de México.

### **1.2.2. Las Líneas del metro.**

Línea 1: De Pantitlán a Observatorio con un total de 20 estaciones.

Línea 2: De Taxqueña a Cuatro Caminos ,con 24 estaciones.

Línea 3 : De Universidad a Indios Verdes,con 21 estaciones.

Línea 4: De Santa Anita a Martín Carrera,con 10 estaciones.

Línea 5: De Pantitlán a Politécnico,con 11 estaciones.

Línea 6: De El Rosario a Martín Carrera,con 11 estaciones.

Línea 7: De Barranca del Muerto a El Rosario,con 14 estaciones.

Línea 8: Primera etapa. Con recorrido de Garibaldi a Constitución de 1917,con 19 estaciones.

Línea 9: De Tacubaya a Pantitlán,con 11 estaciones.

Línea A: De Pantitlán a La Paz, Estado de México,con 10 estaciones<sup>1</sup>.

Línea B: Línea propuesta para integrar el centro de la Ciudad de México con el municipio de Ecatepec,como punto de liga con la futura línea 10 del Metro. Dentro del plan maestro de Metro se tienen contempladas la construcción de 20 líneas.

---

<sup>1</sup>Primera línea suburbana en la Ciudad con la finalidad de integrar a los municipios cercanos del Estado de México con el esquema vial de la Ciudad de México.

# SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO RED del METRO CIUDAD DE MÉXICO

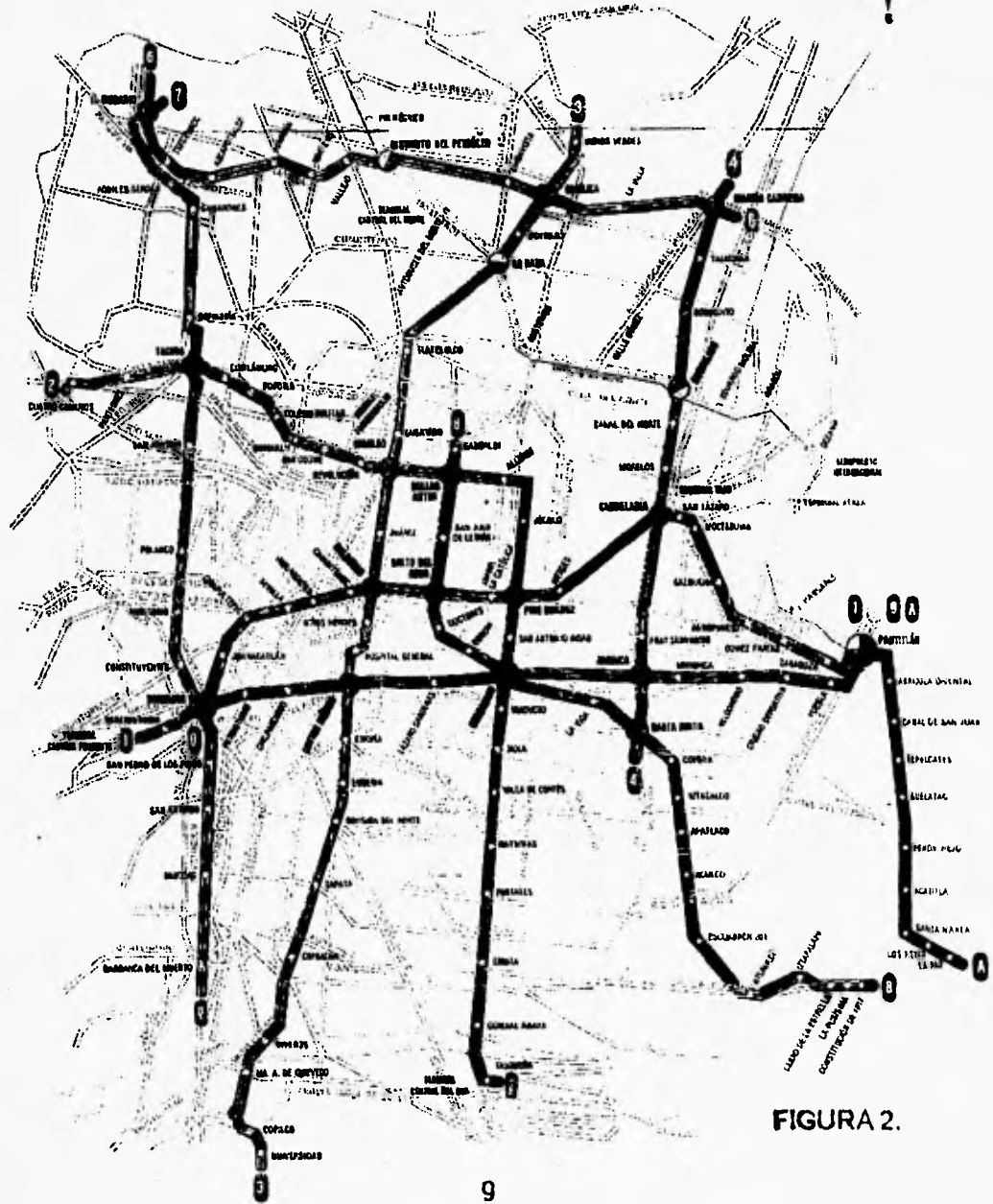
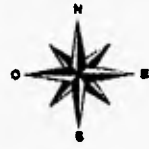


FIGURA 2.

Tren ligero Cuyo recorrido es de Taxqueña a Xochimilco, con 14 estaciones.

### **1.3.0 Línea 8 del Metro. Primera etapa.**

El transporte urbano es uno de los problemas de mayor prioridad en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; para resolverlo, se ha buscado la permanente expansión de la red de su Sistema de Transporte Masivo, acciones que además forman parte de la estrategia para combatir la contaminación atmosférica.

La primera etapa de la línea 8, además de ampliar la cobertura del sistema principalmente hacia Iztapalapa que es la Delegación de mayor población del D.F., ayudará a distribuir el flujo de pasajeros de la zona oriente al centro de la ciudad, líneas actualmente saturadas como son la 1 y 2, y a la vez ayudarán a fortalecer las líneas 4 y 9.

Estos beneficios los recibe directamente una población del orden de medio millón de habitantes e indirectamente toda la población del Area Metropolitana.

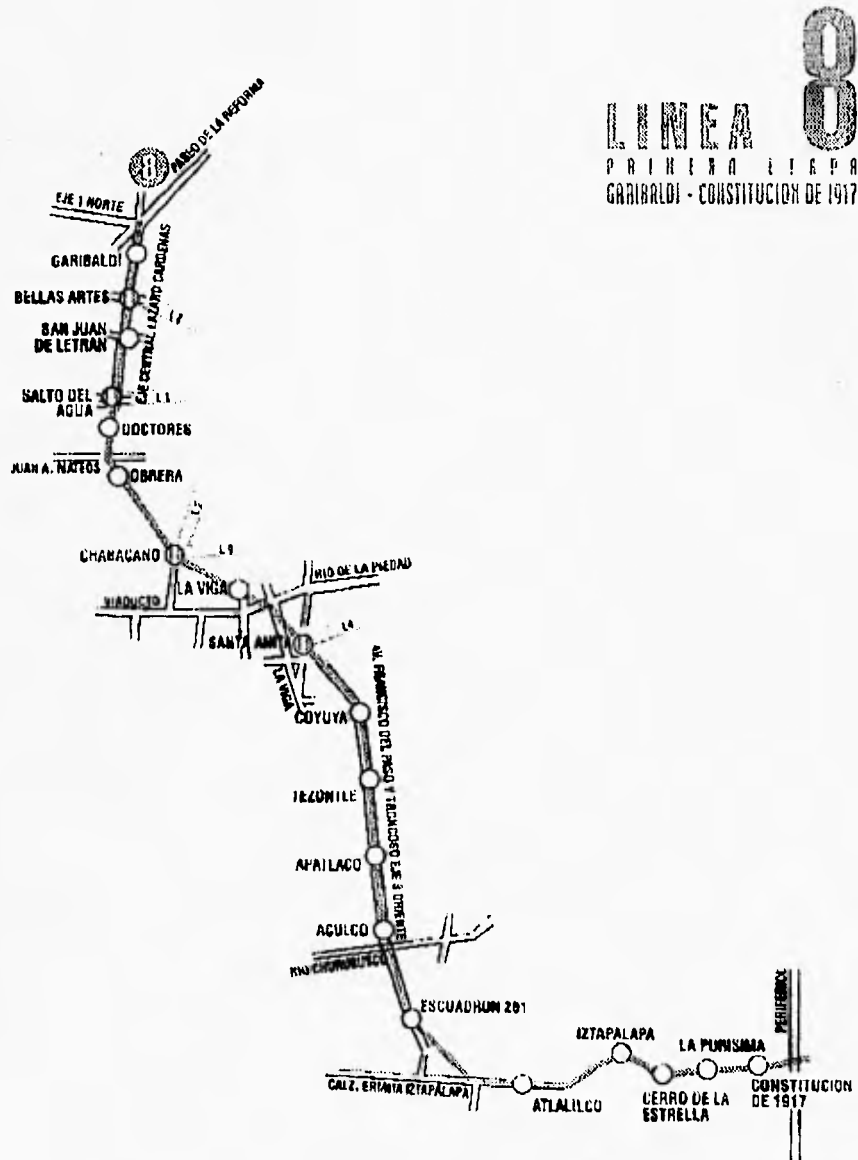
#### **1.3.1. Localización.**

El proyecto total de la línea 8 parte de la zona de Indios Verdes en el norte de la ciudad con dirección norte-sur, cruza el Centro Histórico de la Ciudad de México por su lado poniente para terminar en el extremo suroriente en Iztapalapa. El trazo de la línea corre por vialidades importantes tales como: Calzada de los Misterios, Eje Central Lázaro Cárdenas, Av. Fco del Paso y Troncoso y la Calzada Ermita Iztapalapa, que son zonas de intenso movimiento de servicios y comercial.

#### **1.3.2. Longitud y Trazo.**

La primera etapa de Garibaldi a Constitución de 1917, tendrá una longitud de 20km. Inicia en el norte sobre la lateral oriente de Av. Paseo de la Reforma a la altura de la unidad

Figura 3. Recorrido de la línea 8 del Metro.



**LÍNEA 8**  
 PRIMERA LÍNEA  
 GARIBOLDI - CONSTITUCION DE 1917



habitacional Santiago Tlaltelolco, cruza la glorieta General José de San Martín<sup>2</sup> para continuar en dirección sur por el eje Central Lázaro Cárdenas, a la altura de la calle Juan A. Mateos cambia de dirección hacia el oriente hasta el cruce con la calle José T. Cuéllar en donde presenta una deflexión hacia el suroriente para continuar hasta la Calzada de la Viga donde continúa en dirección sur. En el cruce con el Viaducto Río La Piedad modifica su trazo hacia el oriente hasta la calzada Coyuya donde prosigue en sentido suroriente, llega a la calle Miguel Hidalgo en Santa Anita, donde cambia de dirección hacia el oriente hasta la avenida Francisco del Paso y Troncoso (Eje 3 Ote) continuando en dirección sur sobre el camellón central de esta avenida para proseguir por su prolongación, la Av. Cinco, hasta llegar a la Calzada Ermita Iztapalapa donde su trazo prosigue hacia el oriente cruzando por el costado norte del Cerro de la Estrella y el antiguo asentamiento de Iztapalapa hasta la calle Genaro Estrada donde termina el trazo de la línea.

### **1.3.3. Obra Civil.**

La construcción de la línea 8 se realizó en dos soluciones: subterránea y superficial. La primera con una longitud de 14.6 km se construyó a base de un cajón de sección rectangular conformado por dos muros tablaestaca de concreto reforzado colados "in situ", losa de fondo, de muros estructurales y losa de techo. Los muros tablaestaca pueden ser utilizados como parte integral del cajón, dependiendo de la profundidad del mismo y de las características particulares del subsuelo.

La solución superficial construida en 5.4 km consiste en una estructura de concreto reforzado de sección rectangular, integrada por una losa de fondo (la cual se construye sobre una plantilla de concreto pobre) y dos muros laterales que además sirven de confinamiento y seguridad.

---

<sup>2</sup>Punto de liga con la futura línea 10 del Metro.

Desde el extremo norte hasta llegar a la Av. Francisco del Paso y Troncoso la línea se construyó en solución subterránea, al igual que el tramo comprendido por las avenidas Cinco y Ermita Iztapalapa hasta la calle Margarita.

La solución superficial se decidió tomando en consideración la economía de la obra, el contexto urbano, el ancho efectivo de la calzada, aprovechándose las zonas federales y derechos de vía que existen sobre las avenidas Francisco del Paso y Troncoso así como en Ermita Iztapalapa desde la calle Hortensia hasta la calle Genaro Estrada.

#### **1.3.4. Estaciones.**

La línea 8 en su primera etapa cuenta con 19 estaciones de 150m de longitud, para recibir trenes de nueve carros.

Las estaciones de tipo superficial<sup>3</sup>, están cimentadas sobre una estructura de concreto donde se apoya un conjunto de columnas de acero con una inclinación de 45 grados que soportan las trabes metálicas que reciben el sistema de piso a base de losas aligeradas de concreto.

Las estaciones subterráneas están estructuradas sobre una losa de cimentación de concreto reforzado donde se apoyan los muros, columnas y trabes de concreto. La losa de techo queda conformada por trabes pretensadas de concreto de tipo TT invertidas ligadas por medio de un firme de concreto. En su conjunto, forman una estructura rígida de sección rectangular.

Cuatro de las estaciones de correspondencia con otras líneas del metro cuentan con dos vías y tres andenes, así mismo una pasarela en solución subterránea, la cual se forma de un cajón estructurado con losa, muros de concreto reforzado y tabletas pretensadas.

---

<sup>3</sup>Este tipo de estaciones fueron diseñadas con la finalidad de no generar mayores afectaciones, y no crear problemas sociales y políticos en la comunidad.

### **1.3.5. Capacidad.**

Los trenes constan de nueve carros y tienen una longitud de 147.62m, su capacidad a 4/4 de carga es de 1,530 pasajeros.

La velocidad máxima que alcanzará para la línea 8 será de 70kph y la comercial será de 37kph.

### **1.3.6. Capacidad del sistema.**

Al iniciar su operación, la línea 8 tendrá una capacidad inicial de transporte de 32,700 pasajeros-hora-sentido, sin embargo, a medida que la demanda así lo justifique, podrá aumentar la capacidad del sistema hasta 60,000 pasajeros-hora-sentido.<sup>4</sup>

### **1.3.7. Mantenimiento.**

El mantenimiento de los trenes, será realizado dependiendo del tipo de falla, ya que esta puede ser una falla menor, la cual puede ser atendida en las fosas de visita de las terminales, si ésta es mayor dependiendo de la gravedad será atendida en los talleres de mantenimiento menor o mayor. Para una falla menor, se revisará el carro a los 100,000km y su mantenimiento consistirá en la revisión y limpieza general de todos los sistemas con que cuenta, y a los 300,000km se efectuará el mantenimiento mayor, que consiste en la renovación de todos sus equipos.

### **1.3.8. Puentes vehiculares.**

Para el correcto funcionamiento vial, se construyeron ocho pasos a desnivel, siete de los cuales son elevados localizados seis sobre el Eje 3 Ote y uno el cruce con Anillo Periférico. El paso deprimido se ubica en la Glorieta de San Martín, dichos puentes son:

Puente Coyuya - Sobre el Eje 4 Sur, transversal a la sección del mismo nombre, con doble

---

<sup>4</sup>En esta primera etapa, la capacidad del sistema en día laborable para 1996, se ha estimado sea de 660,000 pasajeros.

sentido de circulación con cinco carriles de circulación poniente-orientado y dos en sentido contrario. La longitud del puente es de 508m.

**Puente Tezontle** - En la intersección del Eje 3 Ote con Tezontle, es transversal a la estación Iztacalco, con cuatro carriles de circulación, dos de circulación poniente-orientado y dos en sentido contrario. Su longitud de desarrollo es de 462m.

**Puente Apatlaco** - En el cruce del Eje 3 Ote y la Av. Canal de Apatlaco. Con un ancho de 9.60m para dos carriles de circulación, uno por sentido; su longitud es de 458m.

**Puente Purísima** - En la intersección del Eje 3 Ote y Eje 5 Sur transversal a la estación Apatlaco, con cuatro carriles de circulación orientado-poniente; con una longitud de desarrollo de 500m.

**Puente Aculco** - Sobre el eje 6 Sur transversal a la estación del mismo nombre, con cuatro carriles de circulación poniente-orientado; con una longitud de 494m.

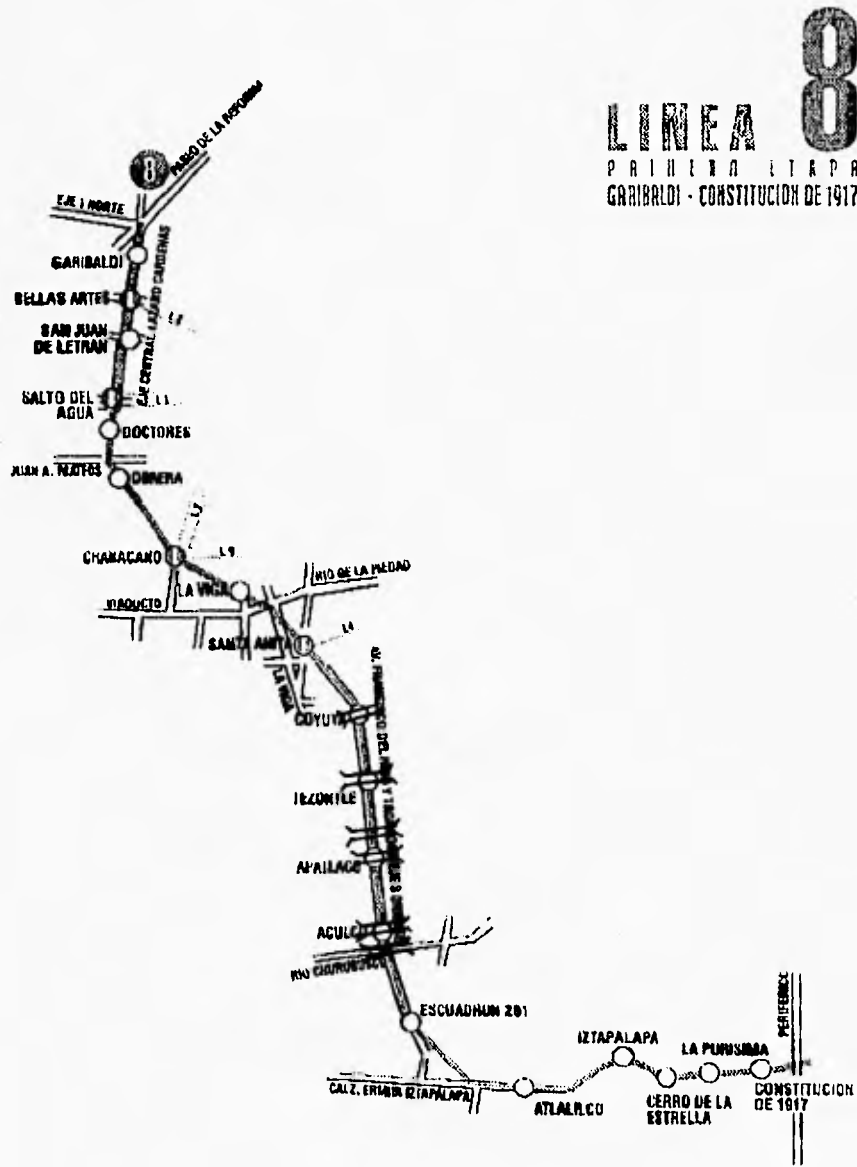
**Puente Churubusco** - En el cruce del Eje 3 Ote y el Circuito Interior Río Churubusco, con ocho carriles de circulación norte-sur, cuatro por sentido; con una longitud de 488m.

**Puente Periférico** - En la intersección del Anillo Periférico orientado y la Calzada Ermita Iztapalapa, se construyó un puente elevado de ocho carriles de circulación norte-sur, cuatro por sentido, además, cuenta con cuatro gazas de incorporación de dos carriles cada una. La longitud del puente es de 494.21m.

**Deprimido Eje Central** - Localizado en el cruce de Paseo de la Reforma, Eje 1 norte y Eje Central, cuenta con 17m de arroyo para cuatro carriles de circulación sur-norte y uno en contrasentido. Se profundiza 7.55m, y en promedio tiene una longitud de 585m.

La geometría y ubicación de los puentes mencionados fué diseñada en base a varios factores como Perfil del Metro, afectaciones hidráulicas y de obras inducidas en general.

Figura 4. Localización de puentes vehiculares.



### I.3.9 Programa.

Inicio de proyecto	Septiembre 1990
Inicio de la construcción	Septiembre 1991
Pruebas estáticas	Febrero-Marzo 1994
Energización en 750 VCD	Abril 1994
Pruebas dinámicas	Mayo-Junio 1994
Marcha en vacío	Julio 1994
Puesta en servicio	Julio 1994

I.3.10. Datos técnicos.

Longitud	20.7 km
Estaciones	Una terminal definitiva: Constitución de 1917
	Una terminal provisional: Garibaldi
	4 estaciones de correspondencia
	13 estaciones de paso
Interestaciones	845m (promedio)
Número de viajes iniciales	32,700 pasajeros-hora-sentido
Número de viajes total esperado	60,000 pasajeros-hora-sentido
Objetivo transporte	660,000 pasajeros
Material rodante	Neumático, tercer riel
Capacidad	1,500 personas-tren de 9 carros
Intervalo inicial	165 segundos
Velocidad máxima	70 kph
Velocidad comercial	37 kph
Número de empleados generados	20,000 directos y 20,000 indirectos
Fecha de puesta en servicio	Segundo semestre 1994

**I.3.11. Polígono de Cargas Línea  
8.Horizonte 2000.(H.M.D.Matutina.).**

	<u>6 - 6.1917</u>	<u>6.1917 - 6</u>
GARIBALDI	23,490	10,830
BELLAS ARTES	20,850	22,310
SN. JUAN DE LETRAN	18,410	26,480
SALTO DEL AGUA	14,300	28,930
DDCTORES	12,710	30,990
OBRERA	12,920	32,200
CHABACANO	17,670	43,680
LA VIGA	17,550	44,240
SANTA ANITA	20,630	46,010
COYUYA	17,510	41,600
IZTACALCO	15,450	37,880
PURISIMA	13,970	35,500
ACULCO	13,720	34,760
ESCUADRON 201	11,560	29,880
ATLALILCO	10,540	27,580
IZTAPALAPA	7,490	26,090
CERRO DE LA ESTRELLA	5,980	23,660
LA PURISIMA	3,650	17,390

**CONSIDERACIONES:**

- ASIGNACION A PARADEROS EN ESTACIONES SOBRE ERMITA IZTAPALAPA ( ABRIL 1991 ).
- CON FUENTES SOBRE ESTACIONES.
- DE ACUERDO AL TRAZO Y PERFIL DE PROYECTO GEOMETRICO ( ABRIL 91 )
- TRAMO ORIENTE DEL ANILLO PERIFERICO EN OPERACION.

5/ABR/1981



## **Tema II. Tipos de interferencias hidráulicas en la construcción de la línea 8 del Metro.**

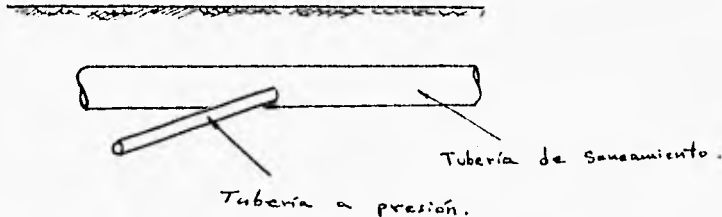
### **II.1.0. Definición.**

Se define como interferencia hidráulica a la interposición de un obstáculo que altera, de acuerdo al perfil de proyecto del Metro, el correcto funcionamiento de un sistema hidráulico, como puede ser el del agua potable, agua tratada ó drenaje.

### **II.2.0. Tipos de interferencias.**

Tanto para el sistema de abastecimiento de agua potable como para el del drenaje se tienen los siguientes casos:

#### **II.2.1. Cruce de una tubería de saneamiento con una tubería de agua potable (a presión) en el espacio de la calle.**



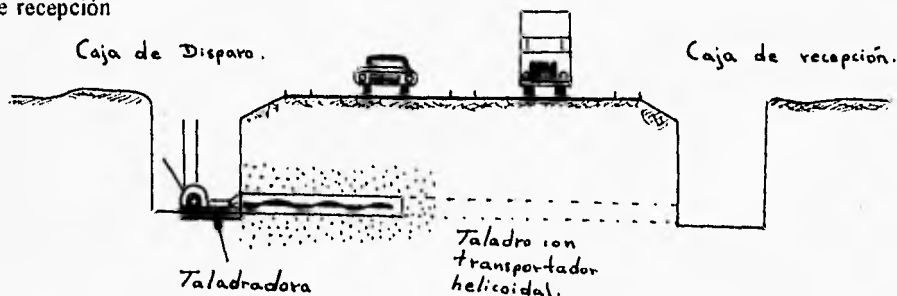
En el cruce de una tubería de saneamiento con una tubería a presión en el espacio de la calle, la tubería de saneamiento tiene mayor prioridad, ya que tiene que ofrecer una pendiente uniforme (cosa que no ocurre con las tuberías a presión) y, por ello, se suele respetar su pendiente, y por reglamento las tuberías a presión (generalmente agua potable) se colocan por encima en el cruce, bajada la otra conducción, evitando así que en una posible fuga de la tubería de saneamiento no se contamine la conducción de agua potable. Esto es especialmente aplicable a las conducciones de aguas negras.

Las soluciones posibles son las siguientes:

- 1- Descenso o ascenso de las tuberías a presión,dejando la altura necesaria para el paso de la conducción de saneamiento (by pass horizontal ó vertical)
- 2- Distribuyendo la conducción de saneamiento entre varias conducciones. Esta solución es muy apropiada para las conducciones de aguas pluviales,aplicando el criterio del área equivalente.
- 3- Construcción de un sifón.
- 4- Construcción de una instalación de bombeo (a evitar si es posible).
- 5- Colganteo ó soporte de colectores y líneas de agua potable,trincheras,pasarelas,galerías,entre otros.

#### **II.2.2. Cruce con explanaciones de autopistas,ferrocarriles,puentes,entre otros.**

Se pueden hacer taladros horizontales sin causar molestias ó interrupciones en el tráfico,e instalar en ellos las tuberías, protegiéndolas en algunos casos mediante un recubrimiento,aplicándose el método de hincado de tubería mediante una caja de disparo y otra de recepción



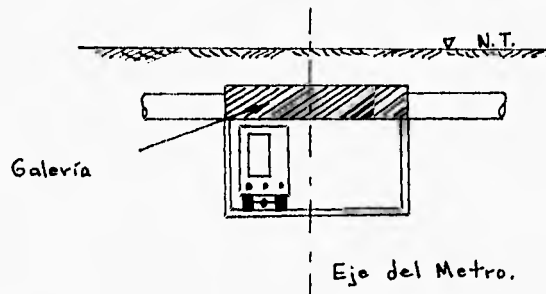
#### **II.2.3. Cruce de una tubería de drenaje o agua potable con el cajón del metro.**

Este tipo de interferencias son objeto de esta tesis.

Aquí se considerará un sondeo preliminar a la construcción del Metro que nos proporcione la localización de las tuberías de agua potable y drenaje.

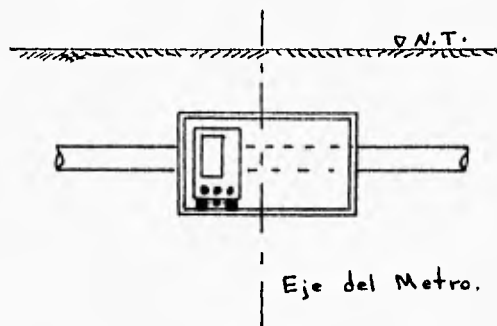
Debido a que éste tipo de interferencias se encuentran debajo del nivel del terreno (es decir, en la solución subterránea del Metro), se presentarán tres casos:

a) Cruce de la tubería por encima del cajón del Metro.



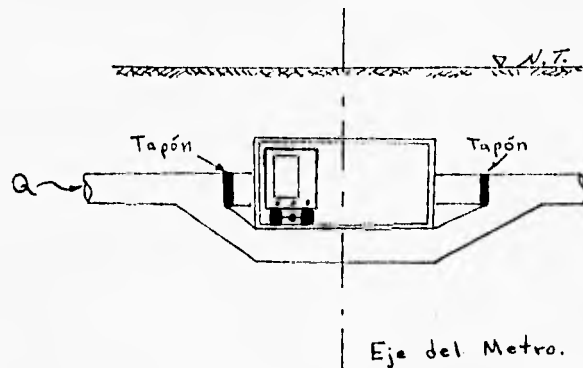
La solución sería pasar la tubería por encima del cajón debidamente protegida con una galería de concreto reforzado.

b) Cruce de la tubería por un costado del cajón del Metro.



En cuestión de drenaje, la conducción se podría desviar hacia otro colector que pasara por debajo del cajón y que cumpliera con gasto y velocidad permisibles; Si no se cumpliera esta condición, la solución sería mediante la construcción de un sifón que pasara por debajo del cajón

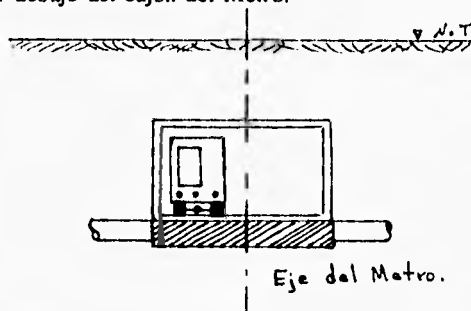
del Metro.



Para el agua potable, como se tiene la ventaja de que ésta trabaja a presión, es recomendable construir un sifón que pase por encima del cajón del Metro.

Tanto para agua potable como para drenaje, en la construcción de un sifón, se recomienda que esté lo mejor protegido posible para que no se presenten problemas en la intercepción con la sección del cajón del Metro, para esto se recomienda que el sifón sea construido hermético de manera tal que las fugas que se pudieran presentar aparezcan fuera de la sección del cajón del Metro, no provocando así la interrupción de su servicio, cuidando construir un mecanismo de control para su buen funcionamiento y facilidad para su operación y mantenimiento.

c) Cruce de una tubería por debajo del cajón del Metro.



En el caso de drenaje, si se tiene por lo menos el colchón mínimo entre la parte baja del cajón y la tubería, no se tiene ningún problema, pero si no se tiene, entonces se deberá proteger la tubería mediante una galería de concreto reforzado o la sustitución del material en acero revestido.

ó tratado epóxico.

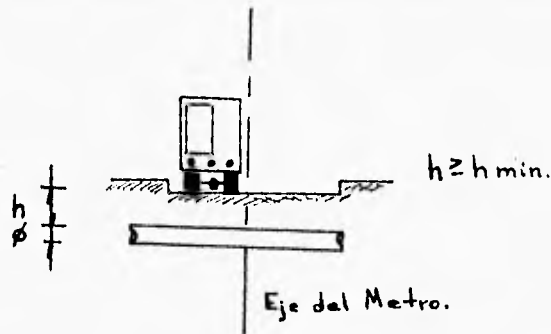
Para la tubería de agua potable no es muy recomendable que ésta pase por debajo del cajón del Metro porque ya se estaría hablando de una gran profundidad para una tubería de este tipo ya que generaría grandes problemas de operación y mantenimiento si se presentara una fuga (a esa profundidad y debajo del cajón del Metro), por tal motivo se recomienda que si se presenta un caso como éste, la tubería que pasa por debajo del cajón sea cambiada por tubería de acero y a su vez ésta sea protegida mediante una galería.

#### **II.2.4. Cruce de tuberías con explanaciones del Metro.**

Aquí lógicamente se habla de la solución del Metro, del mismo modo al punto II.2.4., se considera un sondeo ó cala preliminar para la previa localización de interferencias.

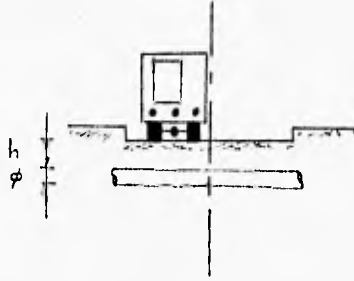
Como ya se ha mencionado, el sistema de drenaje trabaja con gravedad, a una cierta pendiente que debe ser respetada, entonces en el cruce de un colector con una explanación del Metro se nos presentarán a su vez dos casos:

a) Cuando la diferencia de cotas entre el colector y la explanación cumplen por lo menos con la altura de colchón mínimo.

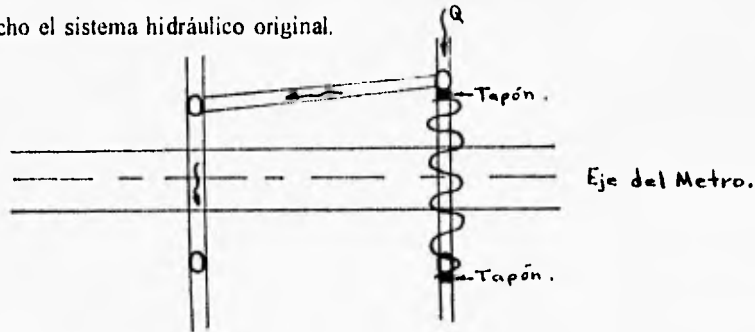


En este caso no se tiene ningún problema, pero por seguridad se protegen las tuberías con galerías, analizando la transmisión de cargas que recibirá el colector.

b) Cuando la diferencia de cotas no cumple con la altura de colchón mínimo.



En este caso se puede desviar la conducción hacia otro colector que cumpliera con la condición de gasto y velocidad permisibles para las nuevas condiciones de trabajo, cuidando no alterar en mucho el sistema hidráulico original.



Si no se cumple la condición, entonces se respeta la tubería original y se protege con una galería de concreto reforzado, y en algunos casos proponiéndose un material más adecuado para la tubería, como acero con tratamiento epóxico para evitar su corrosión.

Para las tuberías de agua potable, se recomienda que en el cruce con la explanación la tubería original sea cambiada por tubería de acero y que esta obra de desvío sea de una sola pieza a modo de que las fugas que se pudieran presentar aparezcan fuera de la explanación del Metro. Al igual que con la tubería de drenaje, la tubería de agua potable se debe de proteger con una galería, a manera también de poder realizar inspecciones para su buen funcionamiento.

### **II.3.0. Clasificación de interferencias por su diámetro.**

Las interferencias antes mencionadas, para fines prácticos, se les suele clasificar de acuerdo a su diámetro, así pues, para el sistema de drenaje se tienen las siguientes interferencias:

**PRIMARIAS** - Son aquellas cuyos diámetros son de 0.60m o mayores. Como ejemplo de éstas podemos mencionar a los colectores.

**SECUNDARIAS** - Son aquellas con diámetros inferiores a los 0.60m. Tuberías de 0.30m, 0.38m y 0.45m.

Del mismo modo, para el sistema de agua potable tenemos:

**PRIMARIAS** - Cuyos diámetros son de 0.50m (20"), 0.91m (36"), 1.22m (48"), 1.83m (72").

**SECUNDARIAS** - Con diámetros de 0.10m (4"), 0.15m (6"), 0.30m (12").

### **Tema III. Localización y problemática de interferencias con la línea 8 del Metro.**

#### **III.1.0. Problemática.**

Las desviaciones de colectores y drenajes ocasionados por la construcción de la línea 8 del Metro en algunos casos fueron difíciles de resolver porque los drenajes trabajan con pendiente geométrica (gravedad), y era necesario respetar esas pendientes, y cuando no se pudo, se optó por construir sifones, los cuales siempre representan un problema porque éstos se azolvan y se forman tapones hidráulicos y contraflujos, y es necesario dejar registros para su inspección y poder hacer la limpieza de los mismos.

En algunos casos en que los colectores ó drenajes son superficiales (ó tienen poco colchón), se construyó una galería por arriba del cajón del Metro. Hubo ocasiones en que este tipo de interferencias debía librar un claro muy largo y se tuvo la necesidad de construir estructuras especiales de soporte y drenes dentro del cajón del metro a manera de prevenir problemas que se pudieran presentar por una posible fuga en la tubería. Como ejemplo de este tipo de interferencias mencionaré la interferencia I de drenaje, en la estación Garibaldi, donde se tuvo que proteger una tubería de 2.13m de diámetro.

En otros casos cuando el colector estaba más profundo con respecto a la sección del cajón del Metro, se construyeron pozos de inspección para su correcto funcionamiento.

También se dio el caso de que un colector cruzaba con la cimentación de una columna de apoyo para la sección del Metro y se tuvo que desviar esa tubería fuera de la cimentación generando pérdida de tiempo y dinero por la construcción de la nueva longitud de desarrollo de esa tubería.

En el caso de desviación de un colector el problema es de que la pendiente disminuye debido a la longitud de desarrollo mayor, provocando que aguas arriba se acumule azolve y se tenga que estar desazolviendo continuamente para evitar que se tape el drenaje y no se genere un



impacto ambiental, ya que se habla de aguas residuales; por lo comentado, fue necesario proponer en algunos puntos la instalación de sifones, no siendo la mejor solución hidráulica pero sí económica ya que de lo contrario se hubiesen propuesto desvíos largos ó integrales pero totalmente antieconómicos. En base a la experiencia operativa del sistema de drenaje de la Ciudad de México se propuso emplear secciones trapeciales en lugar de la sección "U" tradicional, buscando con ello evitar puntos muertos que provocaran una mayor concentración de azolve y disminución de la sección hidráulica.

Generalmente las tuberías que se usaron para desviar los drenajes y colectores fue de concreto y en algunos casos fue necesario instalar piezas de acero, generalmente codos, pero con un recubrimiento especial para evitar la corrosión provocada por las aguas residuales, las cuales son muy agresivas en éste aspecto.

Puede darse el caso de que el colector actual sea superficial y al hacer la obra de desvío sobre el cajón del Metro se puedan poner dos tuberías equivalentes al área del colector existente, o una mayor. Dentro de las soluciones utilizadas en la construcción del metro se ha podido ver por la experiencia que los colectores tienen un comportamiento distinto en estiaje y en época de lluvias, para lo cual se dio como solución colocar una tubería de diámetro inferior para estiaje y otra tubería de diámetro mayor para lluvias en los sitios de cruce con la sección del metro, ya sea superficial ó subterránea, facilitando con ello su operación y mantenimiento.

Cuando fue necesario construir un sifón para desvío de drenaje, se buscó que éste fuera lo mas hermético posible para evitar problemas en la zona del cruce con la sección del Metro, para lograr éste fin se tuvieron que instalar juntas especiales (mandadas a hacer, exclusivas para cada sifón) semejantes a las usadas en agua potable para el correcto funcionamiento del sifón. Hay que tomar en cuenta que el sifón trabaja a tubo lleno, con cierta carga en la entrada

y en la salida,esto nos hace pensar que el sifón trabaja a presión y como consecuencia genera fuerzas de presión que deben de ser absorbidas de algún modo a manera de no causar daños posteriores durante su funcionamiento,de ahí la necesidad de instalar piezas especiales. Para que se logre una carga en la entrada del sifón,se debe de provocar un remanso aguas arriba de la entrada del sifón para la acumulación del agua (y esto provoca lógicamente,la acumulación de azolve,que como ya se ha mencionado siempre será un problema en el correcto funcionamiento de un sistema de drenaje) cuidando la ventilación del colector tanto aguas arriba como aguas abajo del punto del sifón para evitar los malos olores y la acumulación de gases.

Al hacer un proyecto para una nueva tubería ya sea de agua potable ó drenaje,debe de tenerse en cuenta el trazo de manera tal de no perjudicar predios particulares ó construcciones cercanas. Hubo ocasiones en que las excavaciones para la nueva tubería se tuvieron que proteger con muros milán y troqueles,no generando así daños a la comunidad.

Referente al agua potable uno de los grandes problemas fue que al realizar la construcción del Metro,en algunas ocasiones no había espacio para hacer las desviaciones de la tubería instalándose tuberías provisionales del mismo diámetro existente con el fin de no abatir las presiones en la zona y no afectar a los habitantes de la misma; Una vez construida la sección del Metro fueron colocadas y restituidas las tuberías definitivas sobre el cajón del Metro,protegidas correctamente con galerías.

### **III.2.0. Localización de interferencias.**

#### **III.2.1. Drenaje.**

A continuación se hará referencia a 10 interferencias de las más importantes en cuestión de drenaje, tipo primarias.

##### **Interferencia 1.**

**Estación Garibaldi.**

**Colector de 2.13m de diámetro.**

**Ubicación: Calle Mosqueta esquina con Eje Central Lázaro Cárdenas.**

##### **Interferencia 2.**

**Tramo San Juan de Letrán - Bellas Artes.**

**Colector de 1.52m de diámetro.**

**Ubicación: Calle 16 de Septiembre esquina con Eje Central Lázaro Cárdenas.**

##### **Interferencia 3.**

**Tramo Salto del Agua - San Juan de Letrán.**

**Colector 2 de 1.78m de diámetro.**

**Ubicación: Calle República del Salvador.**

##### **Interferencia 4.**

**Tramo Salto del Agua - San Juan de Letrán.**

**Colector de 0.60m de diámetro.**

**Ubicación:** Calle Ayuntamiento esquina con Eje Central Lázaro Cárdenas.

**Interferencia 5.**

**Tramo Doctores - Salto del Agua.**

**Colector 4 de 2.13m de diámetro.**

**Ubicación:** Fray Servando y Eje Central Lázaro Cárdenas.

**Interferencia 6.**

**Tramo Obrera - Doctores.**

**Colector 6 de 1.52m de diámetro.**

**Ubicación:** Calle Lorenzo Boturini.

**Interferencia 7.**

**Tramo La Viga - Chabacano.**

**Colector de 1.22m de diámetro.**

**Ubicación:** Calle Sotero Castañeda.

**Interferencia 8.**

**Tramo La Purísima - Cerro de la Estrella.**

**Colector de 0.60m de diámetro.**

**Ubicación:** Calle Mina esquina con Ermita Iztapalapa.

**Interferencia 9.**

**Tramo La Purísima - Cerro de la Estrella.**

**Colector de 0.91 m de diámetro.**

**Ubicación: Calle Zuloaga esquina con Ermita Iztapalapa.**

**Interferencia 10.**

**Tramo La Purísima - Cerro de la Estrella.**

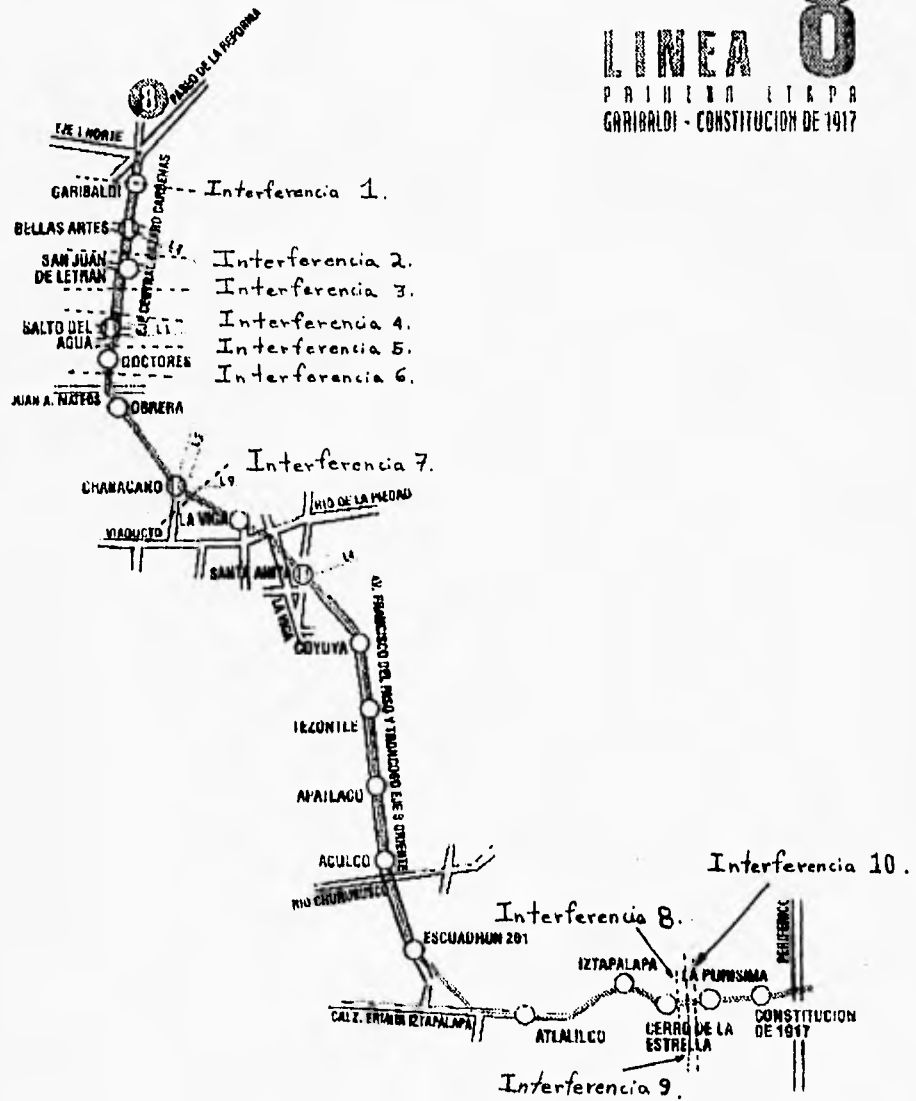
**Colector de 0.60 m de diámetro.**

**Ubicación: Calle Colón esquina con Ermita Iztapalapa.**

Figura 5. Localización de interferencias.

Drenaje .

Tipo primarias.



FALLA DE ORIGEN

### **III.2.2. Agua Potable.**

Dentro de las interferencias mas importantes se mencionarán 6 interferencias primarias y 4 secundarias.

**Nota:** INAP (Interferencia de Agua Potable).

#### **INAP 1.**

**Tramo** San Juan de Letrán - Bellas Artes.

**Tubería** de 36" de diámetro.

**Tipo** primaria.

**Ubicación:** Calle 5 de Mayo esquina con Eje Central Lázaro Cárdenas.

#### **INAP 2.**

**Tramo** Salto del Agua - San Juan de Letrán.

**Tubería** de 12" de diámetro.

**Tipo** secundaria.

**Ubicación:** De Calle Vizcaínas a República del Salvador.

#### **INAP 3.**

**Tramo** Salto del Agua - Doctores.

**Tubería** de 32" de diámetro.

**Tipo** primaria.

**Ubicación:** Calle Dr. Daniel Ruiz esquina con Eje Central Lázaro Cárdenas.

**INAP 4.**

**Tramo Chabacano - Obrera.**

**Tubería de 12" de diámetro.**

**Tipo secundaria.**

**Ubicación: Estación Obrera.**

**INAP 5.**

**Estación Coyuya.**

**Tubería de 36" de diámetro.**

**Tipo Primaria.**

**Ubicación: Entronque Plutarco Elías Calles.**

**INAP 6.**

**Tramo Coyuya - Tezontle.**

**Tubería de 12" de diámetro.**

**Tipo secundaria.**

**Ubicación: Fco.del Paso y Troncoso esquina con Av.Plutarco Elías Calles.**

**INAP 7.**

**Estación Escuadrón 201.**

**Tubería de 4" de diámetro.**

**Tipo secundaria.**

**Ubicación: Avenida 5.**



**INAP 8.**

**Tramo La Purísima - Constitución de 1917.**

**Tubería de 48" de diámetro.**

**Tipo primaria.**

**Ubicación: Calle Matamoros esquina con Calz.Ermita Iztapalapa.**

**INAP 9.**

**Estación La Purísima (San Lorenzo).**

**Tubería de 48" de diámetro.**

**Tipo primaria.**

**Ubicación: Av.San Lorenzo esquina con Calz.Ermita Iztapalapa.**

**INAP 10.**

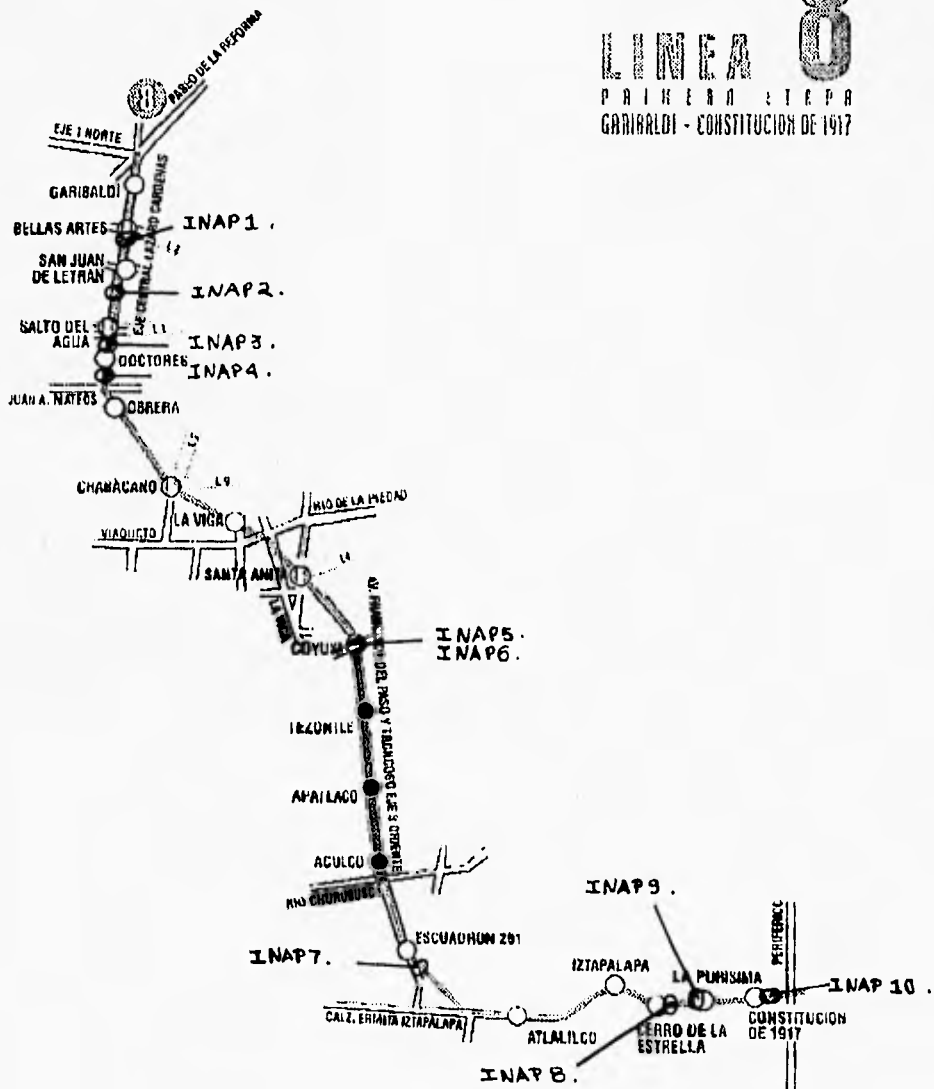
**Estación Constitución de 1917.**

**Tubería de 48" de diámetro.**

**Tipo primaria.**

**Ubicación: Calz.Ermita Iztapalapa, de la Calle Hortensia a la Calle J.M.Rodríguez.**

Figura 6. Localización de interferencias.  
Agua Potable.



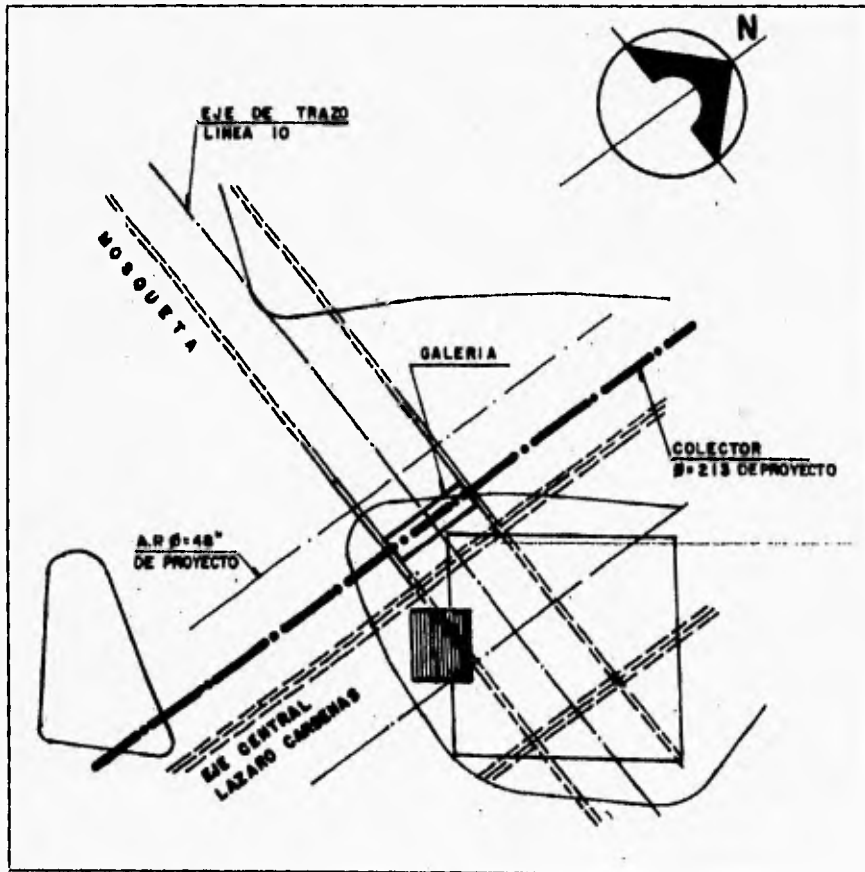
## **Tema IV. Métodos de solución a Interferencias con la Línea 8 del Metro.**

### **IV.1.0. Objetivo.**

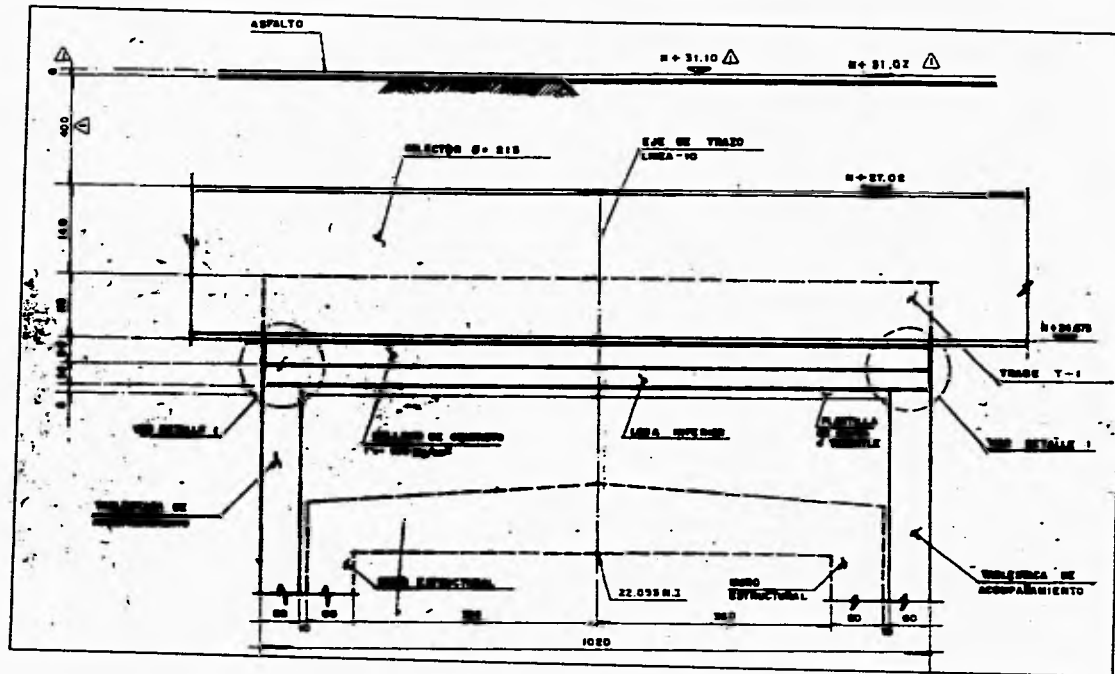
En este capítulo se tratará de detallar mediante boletines, las soluciones de las interferencias mencionadas en el capítulo III, y se tomará como punto principal la interferencia con el Viaducto Río de la Piedad.

**IV.2.0.Soluciones  
de  
Drenaje.**

Interferencia 1. Localización.



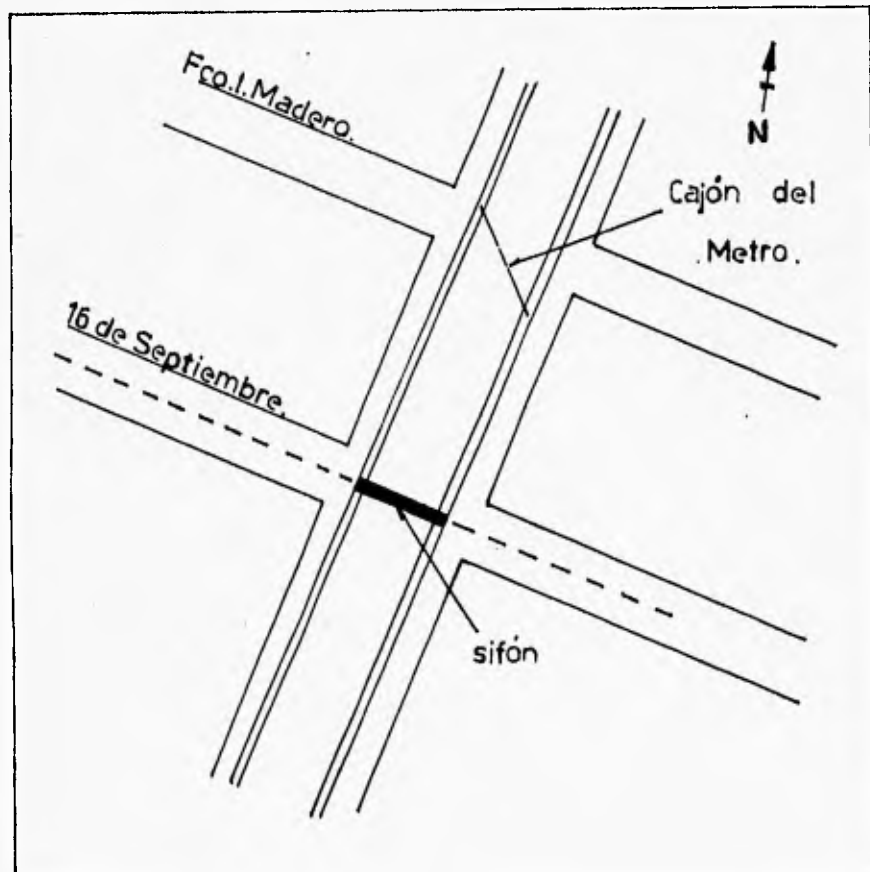
Interferencia 1. Corte.



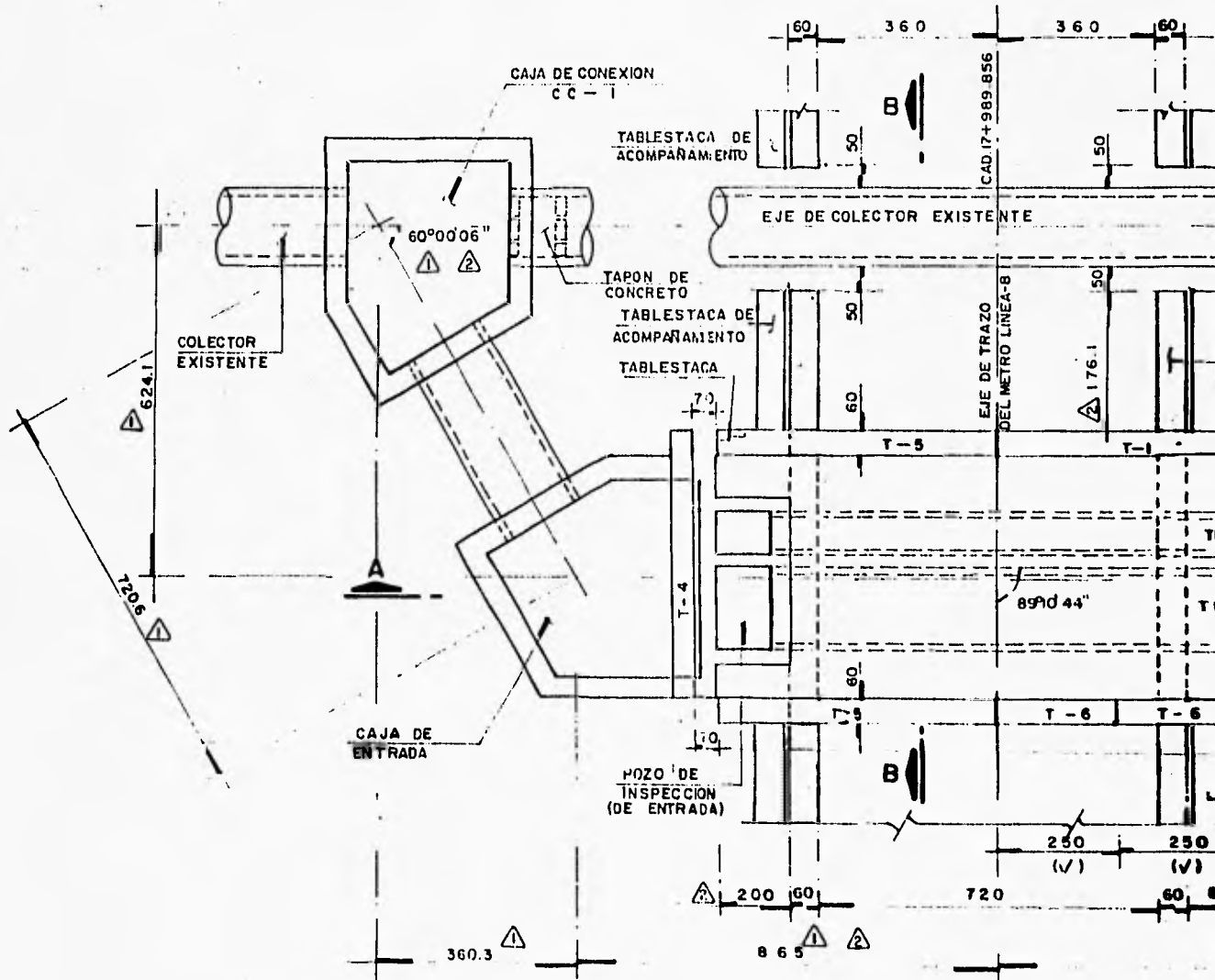
41

FALLA DE ORIGEN

Interferencia 2. Localización.

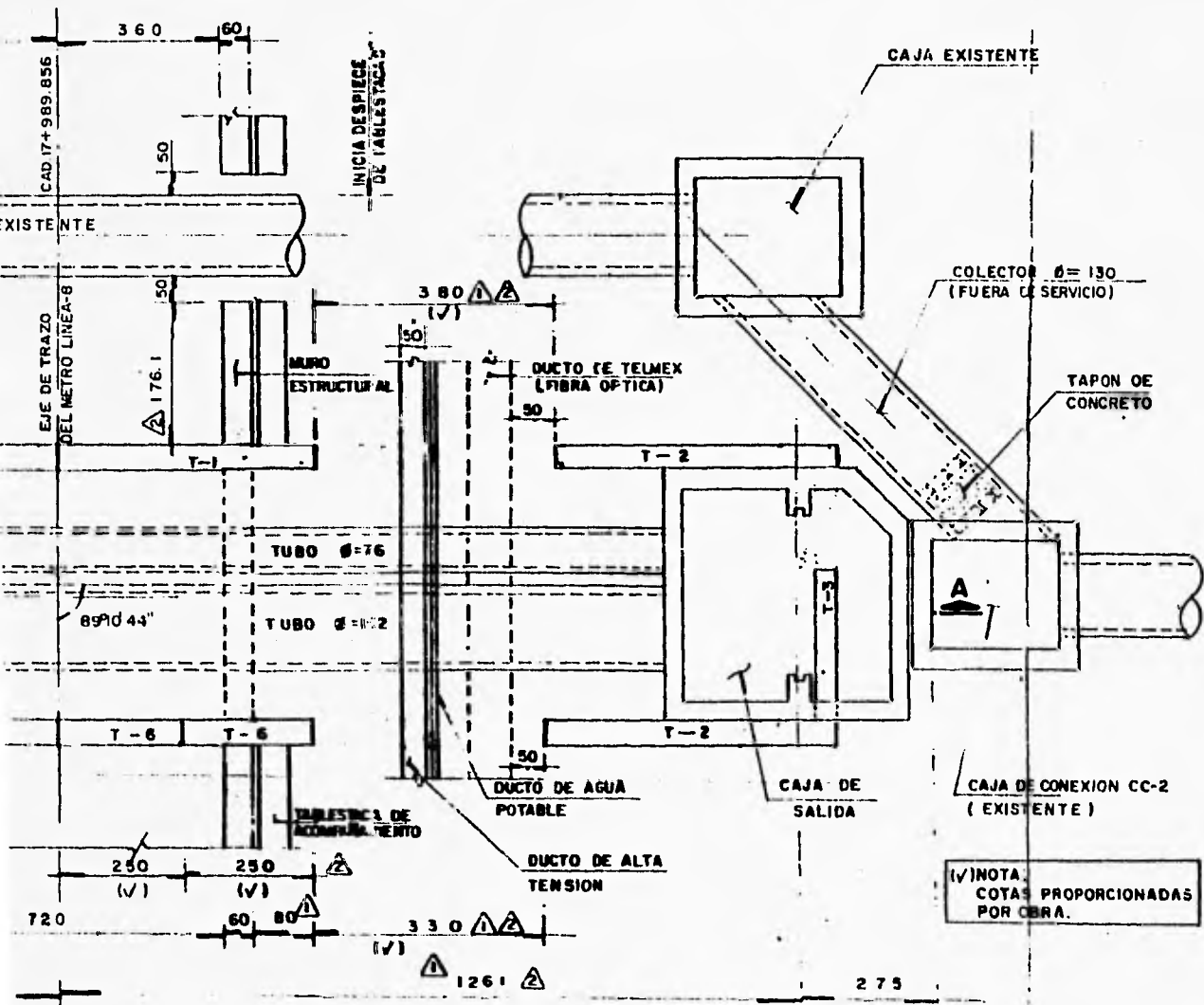


INT. 2.



PLANTA SIFON



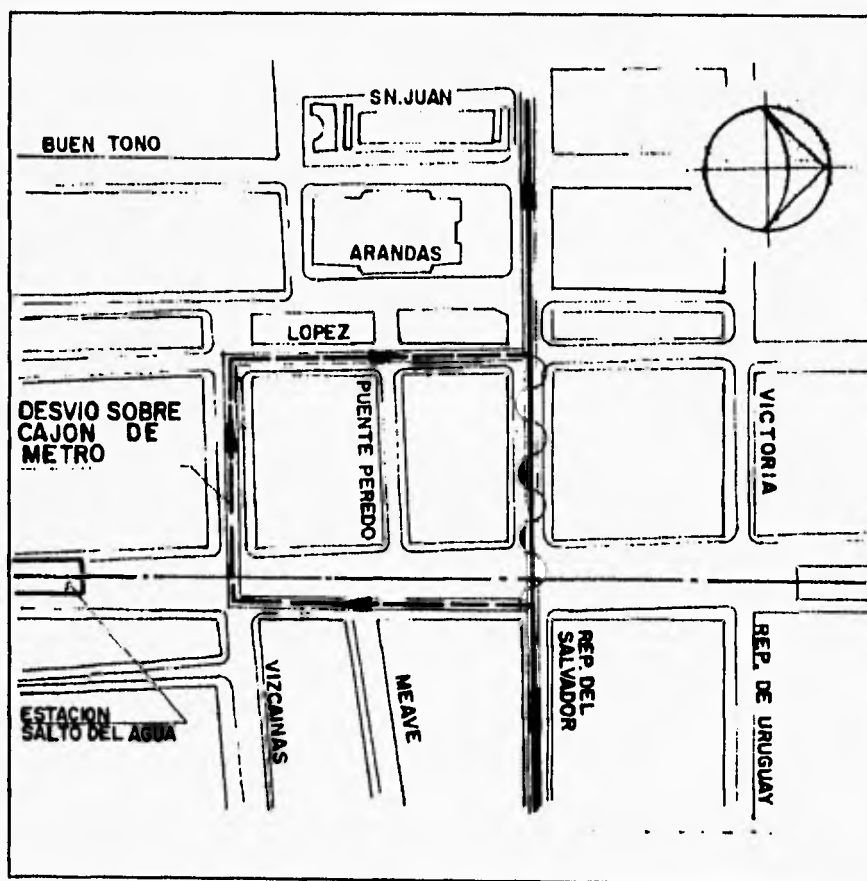


(V)NOTA:  
COTAS PROPORCIONADAS  
POR OBRA.

SIFONA  $\Delta \Delta$

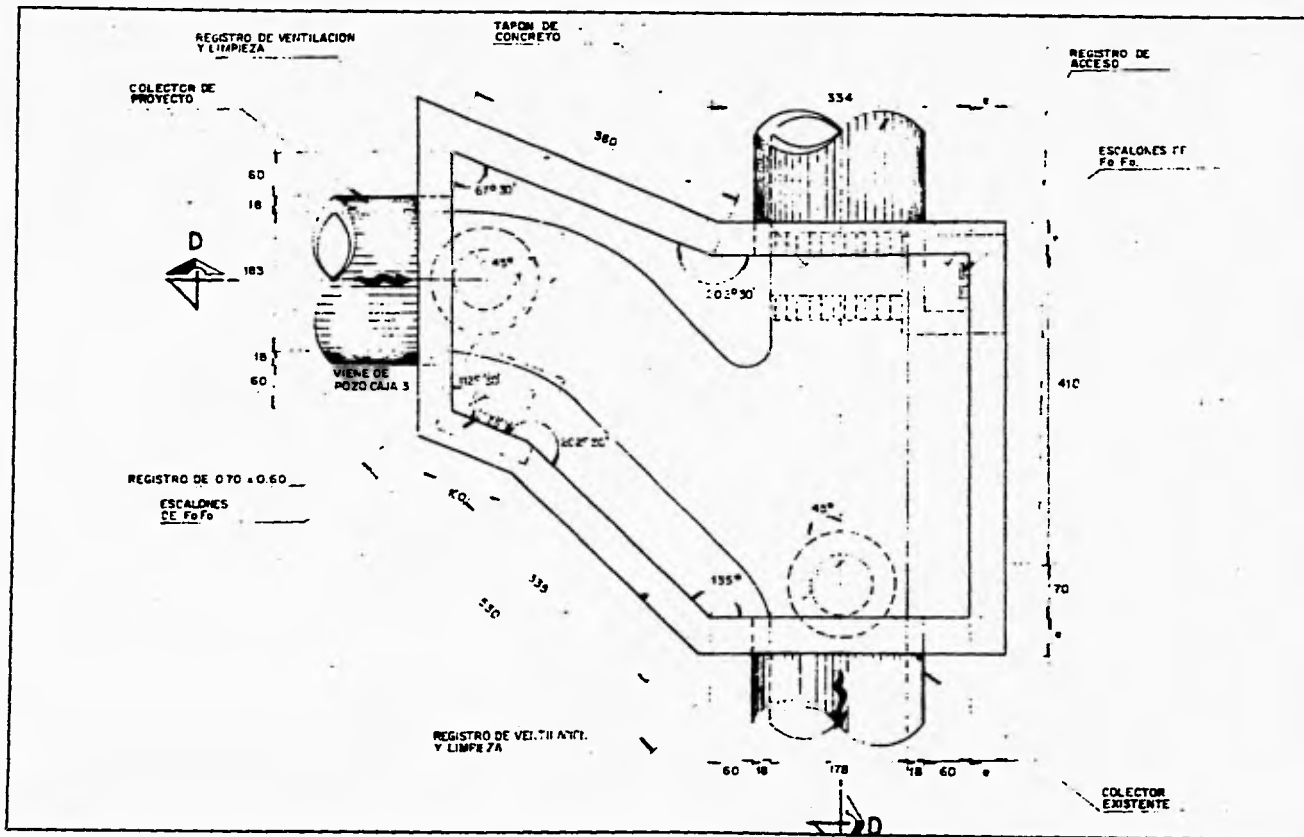
FALLA DE ORIGEN

### Interferencia.3. Localización.



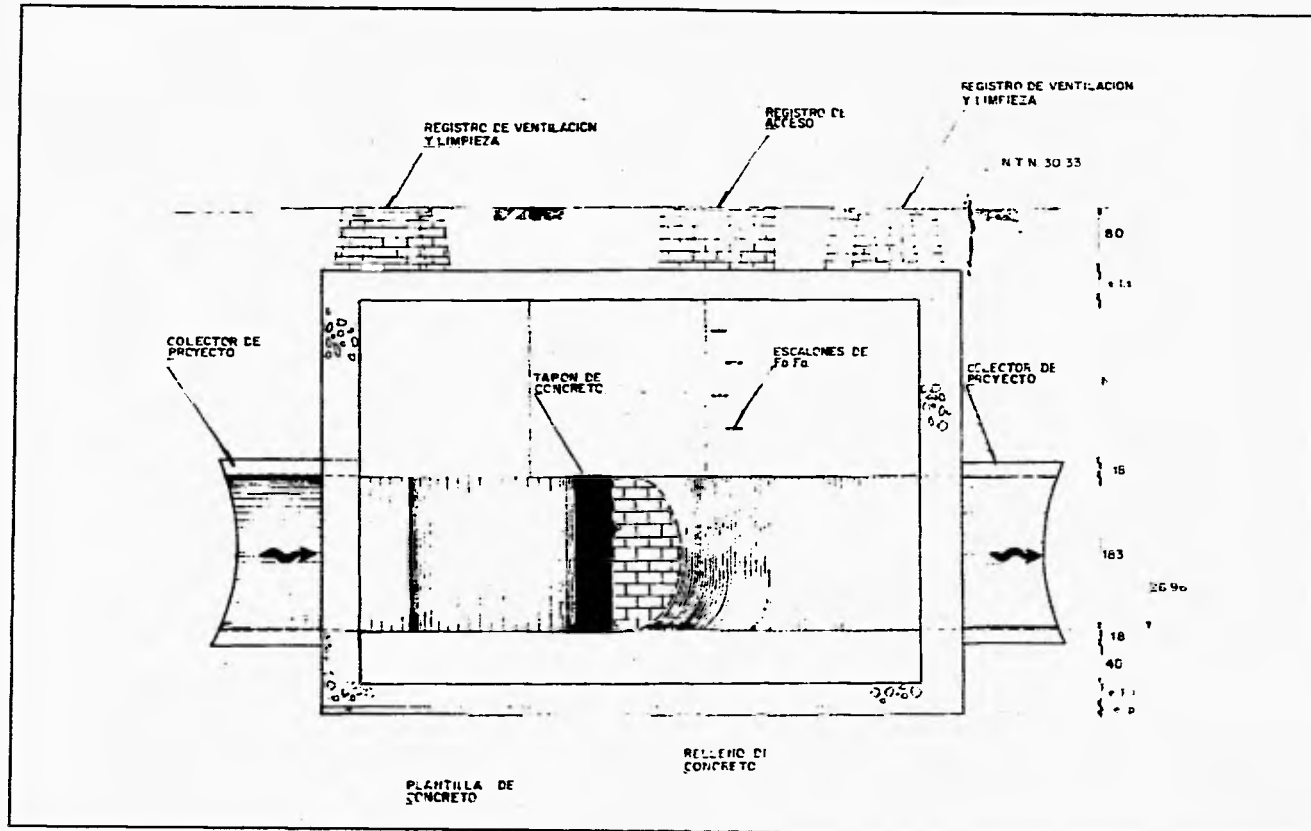
Int. 3.

545

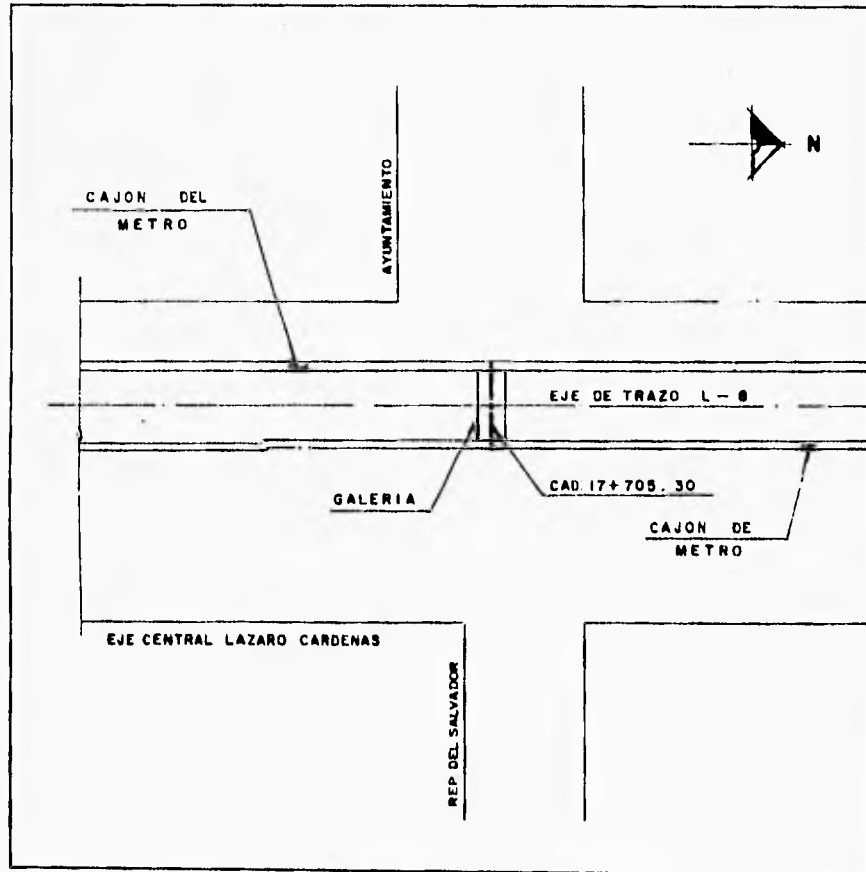


Int.3.

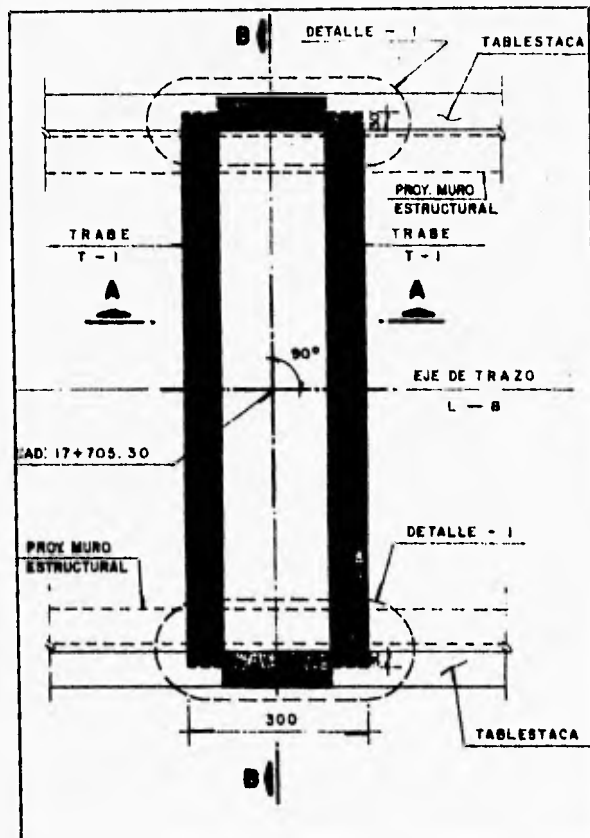
46



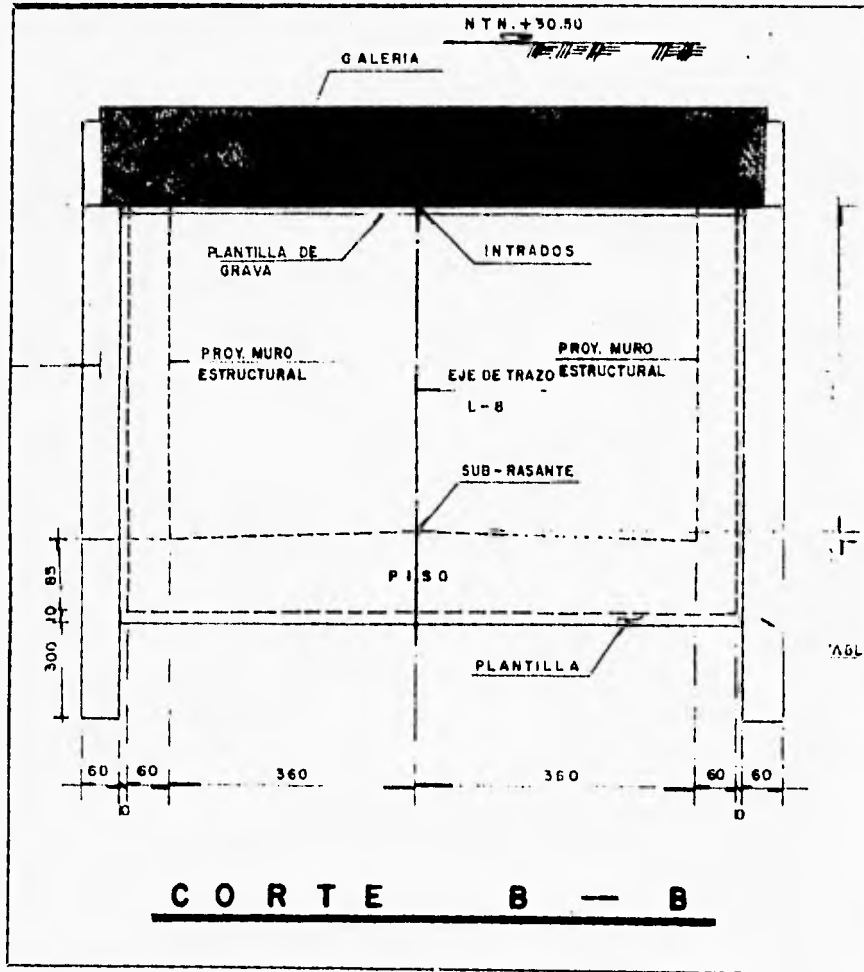
#### Interferencia 4. Localización.



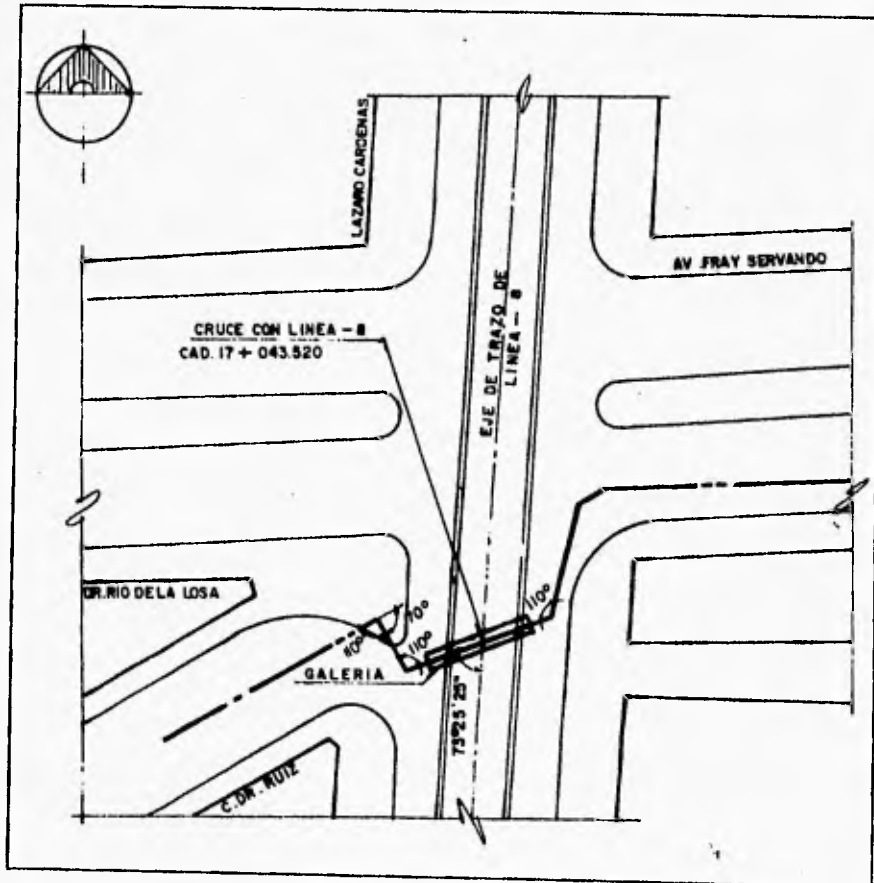
Int. 4.



Int.4.

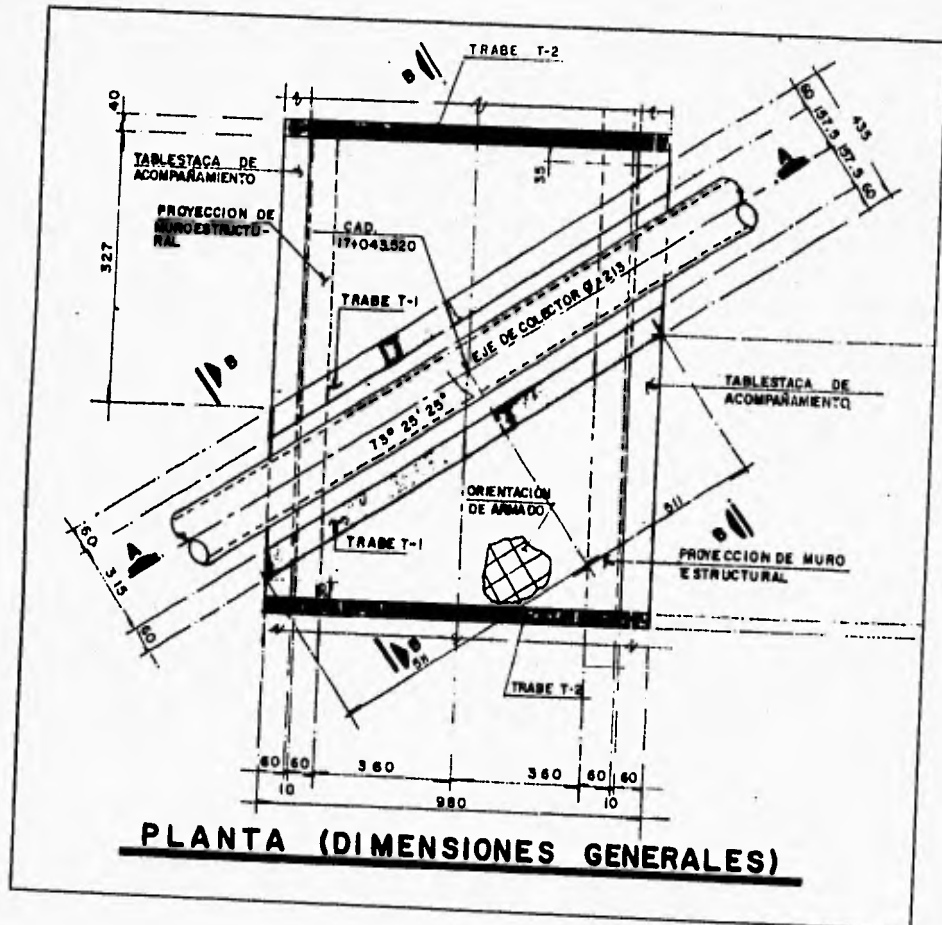


Interferencia 5. Localización.

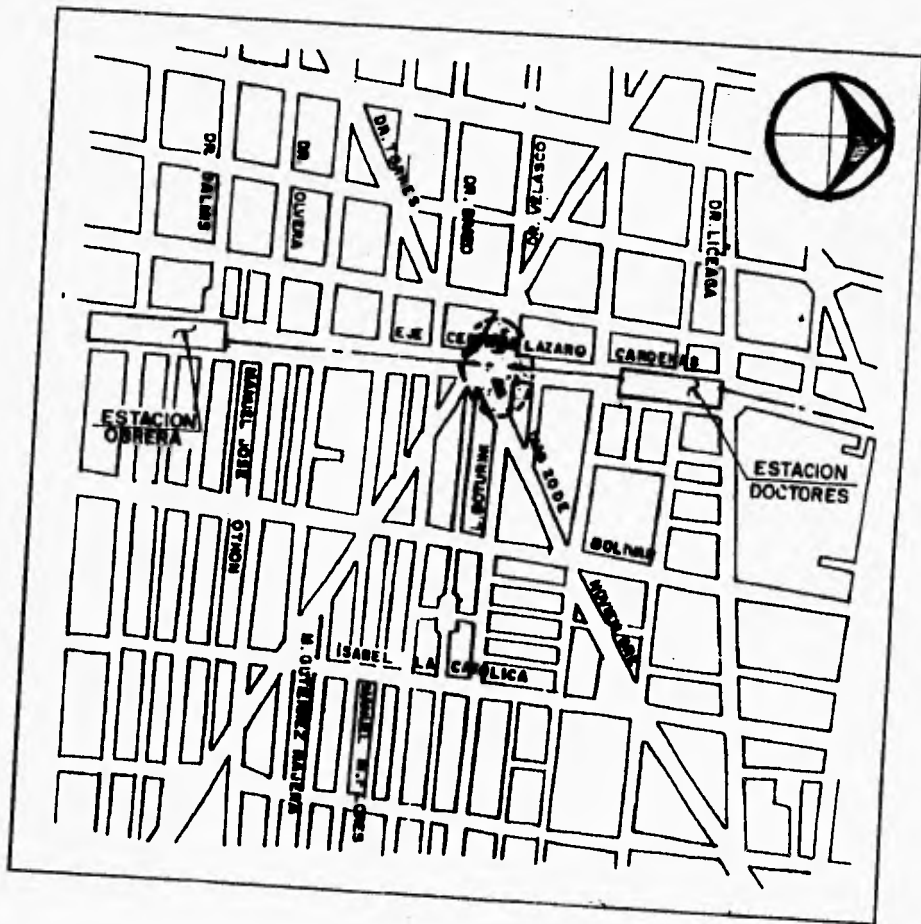




Int 5.

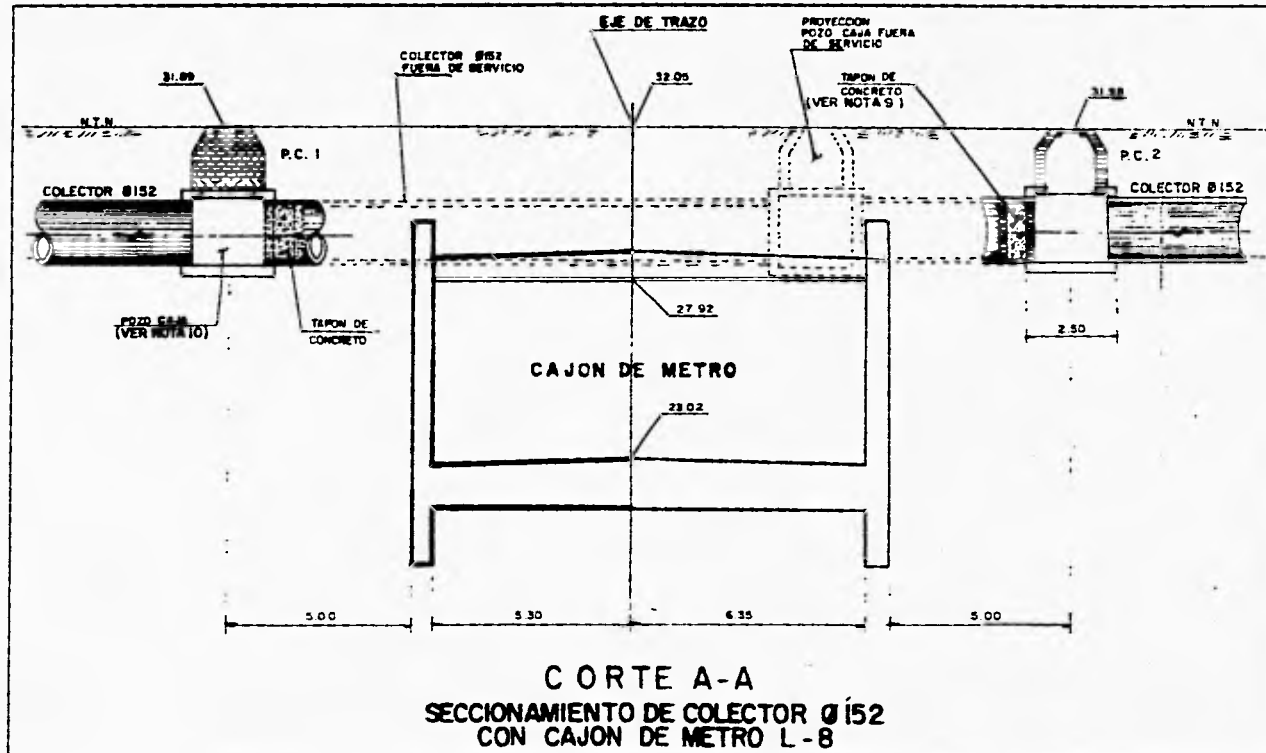


Interferencia 6. Localización.





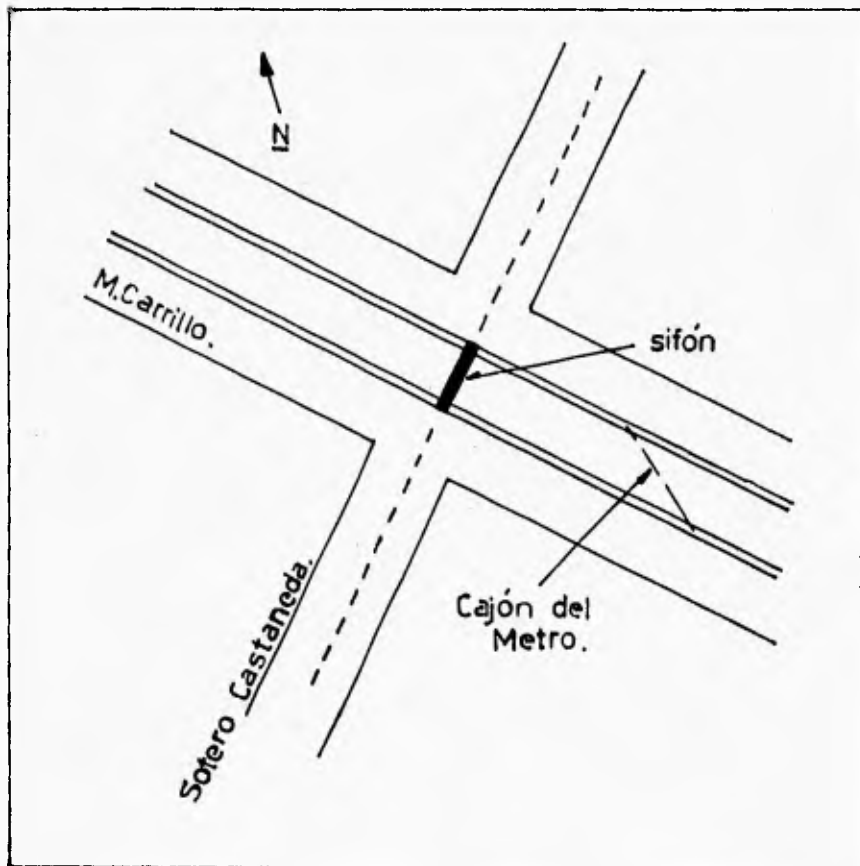
Int. 6.



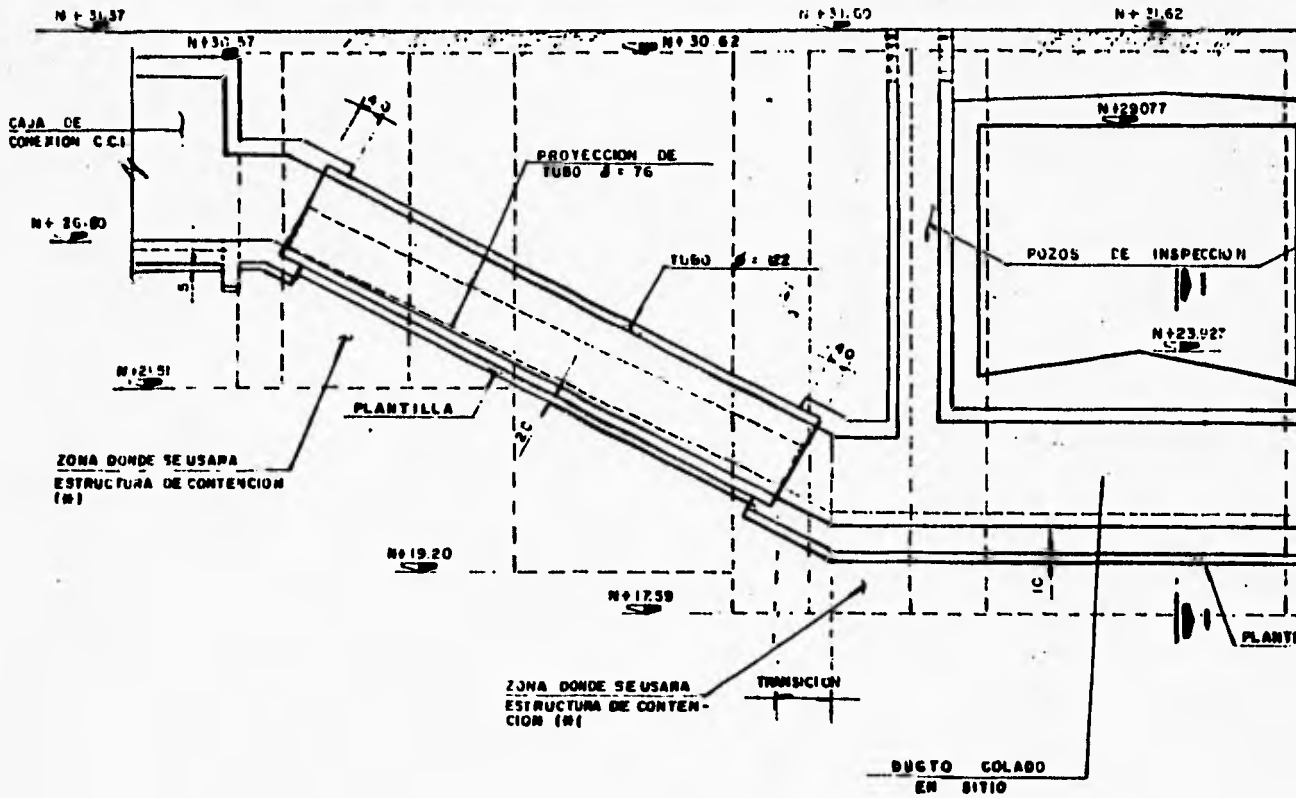
54

FALLA DE ORIGEN

Interferencia 7.

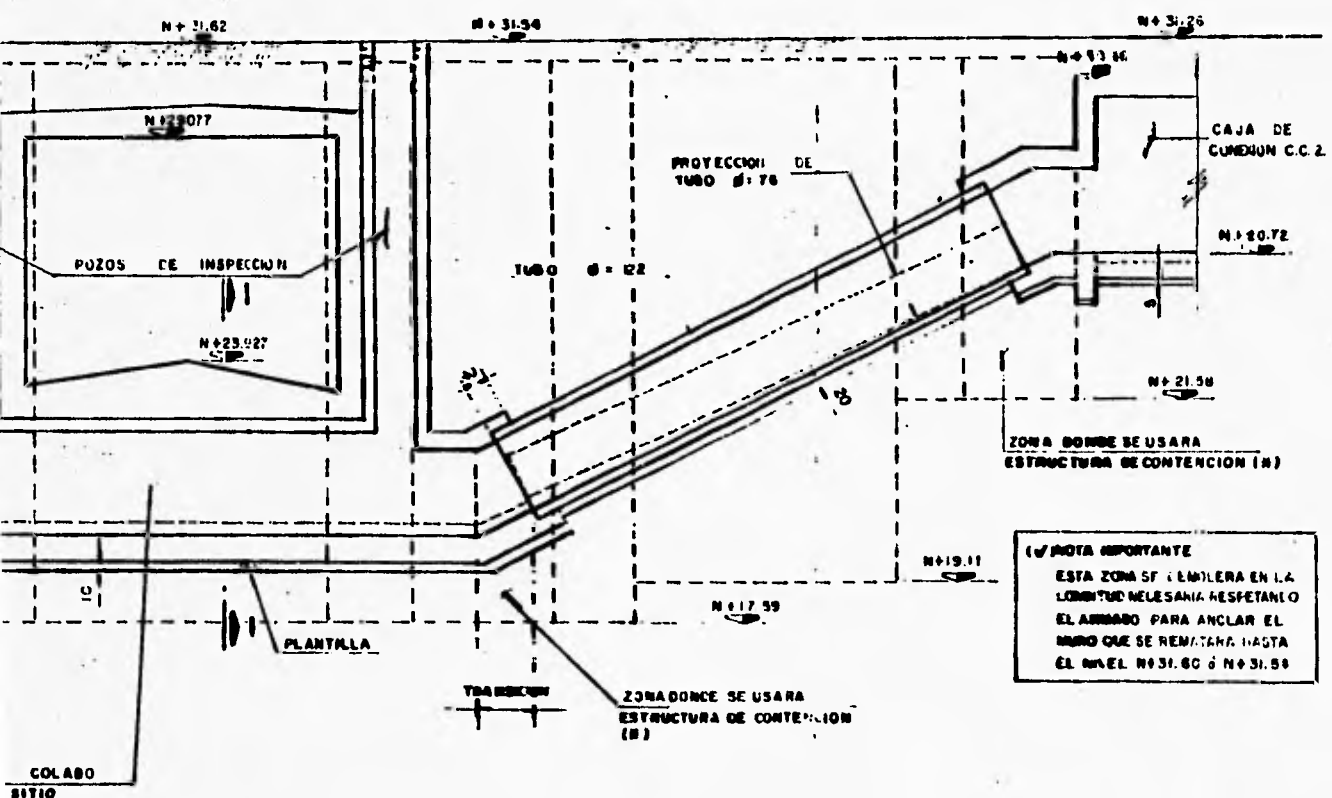


INT.7.



C O R T E   L O N G I T U D I N A L

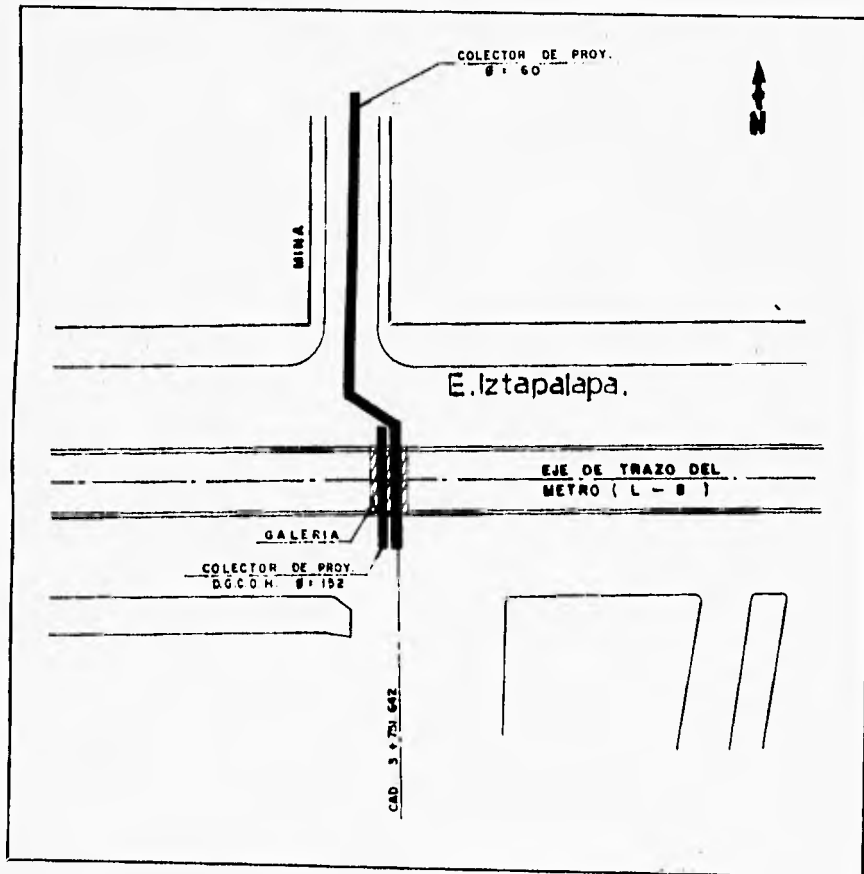
INT.7.



LONGITUDINAL A-A

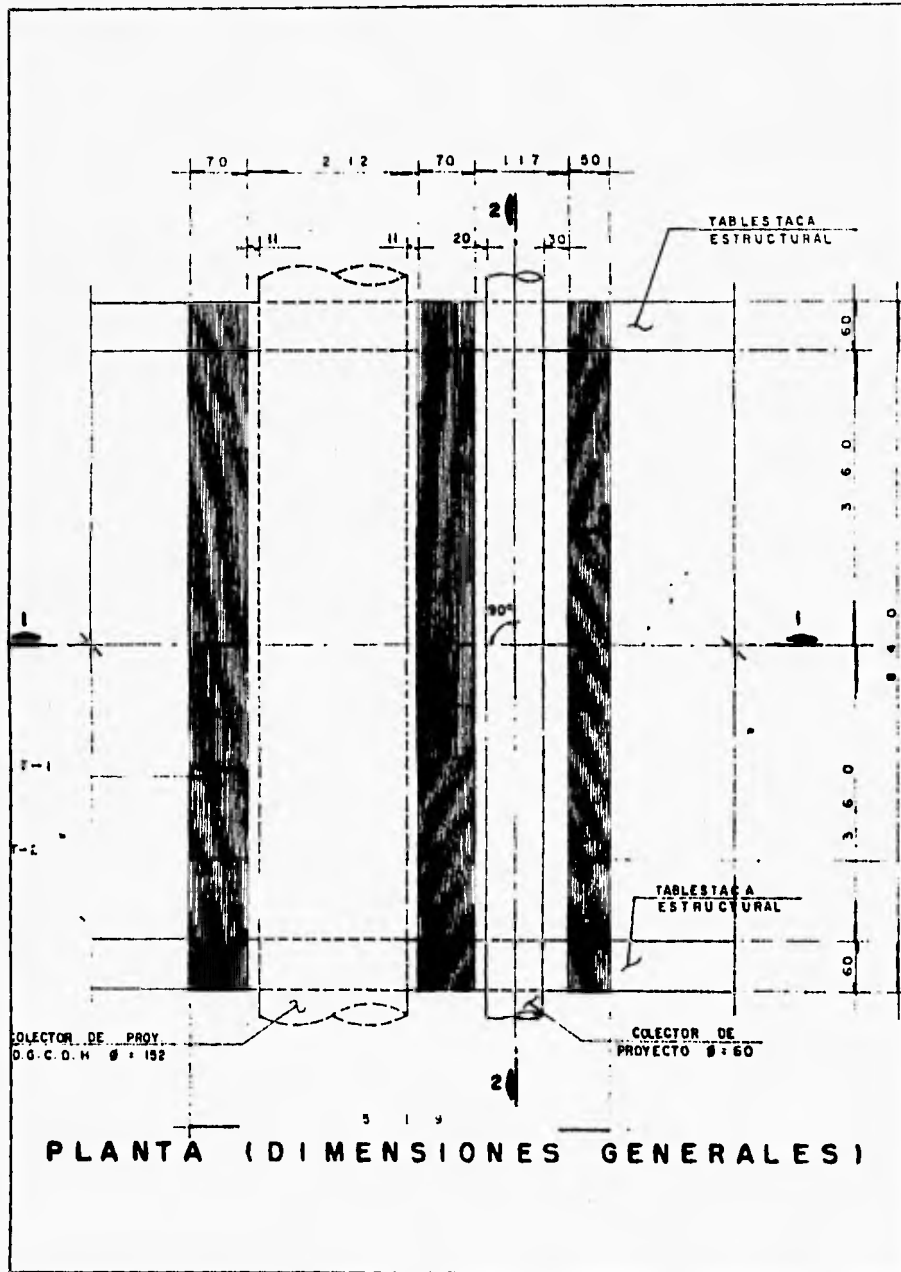
FALLA DE ORIGEN

Interferencia 8.

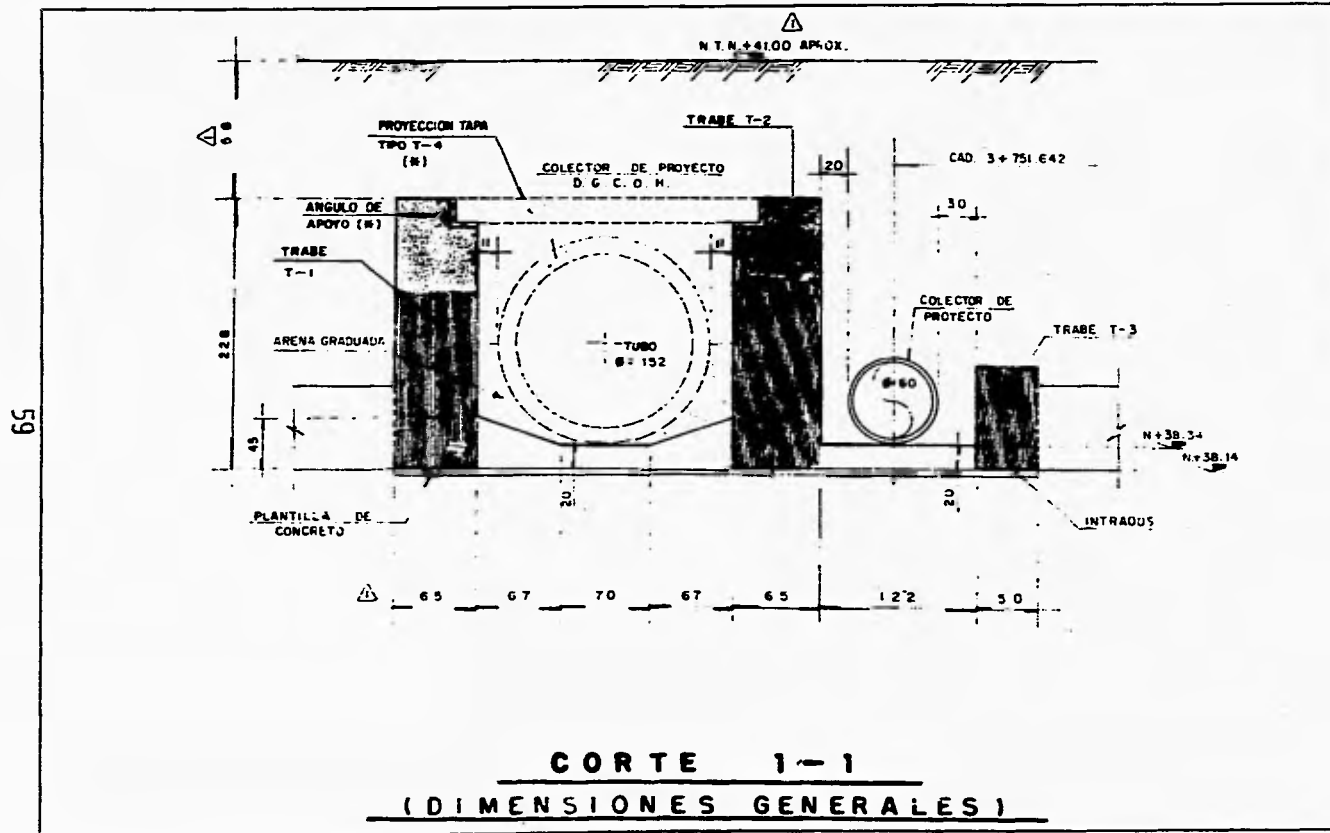




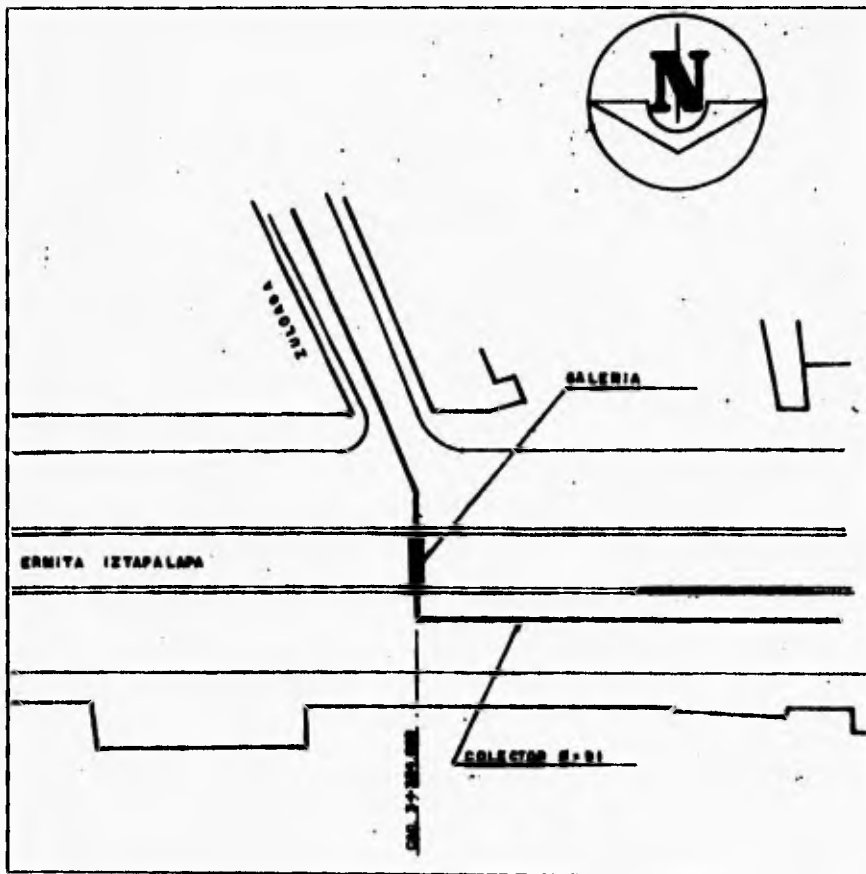
Int. 8.



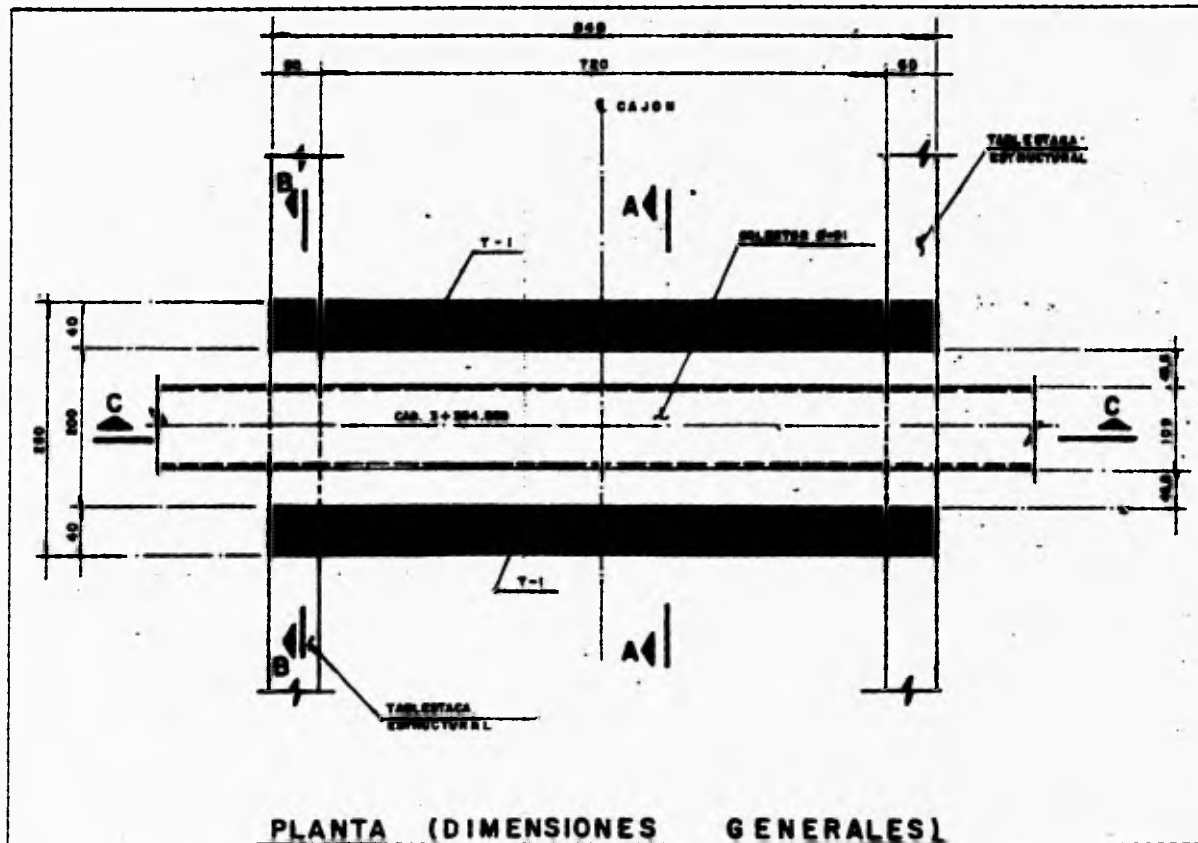
Int.8.



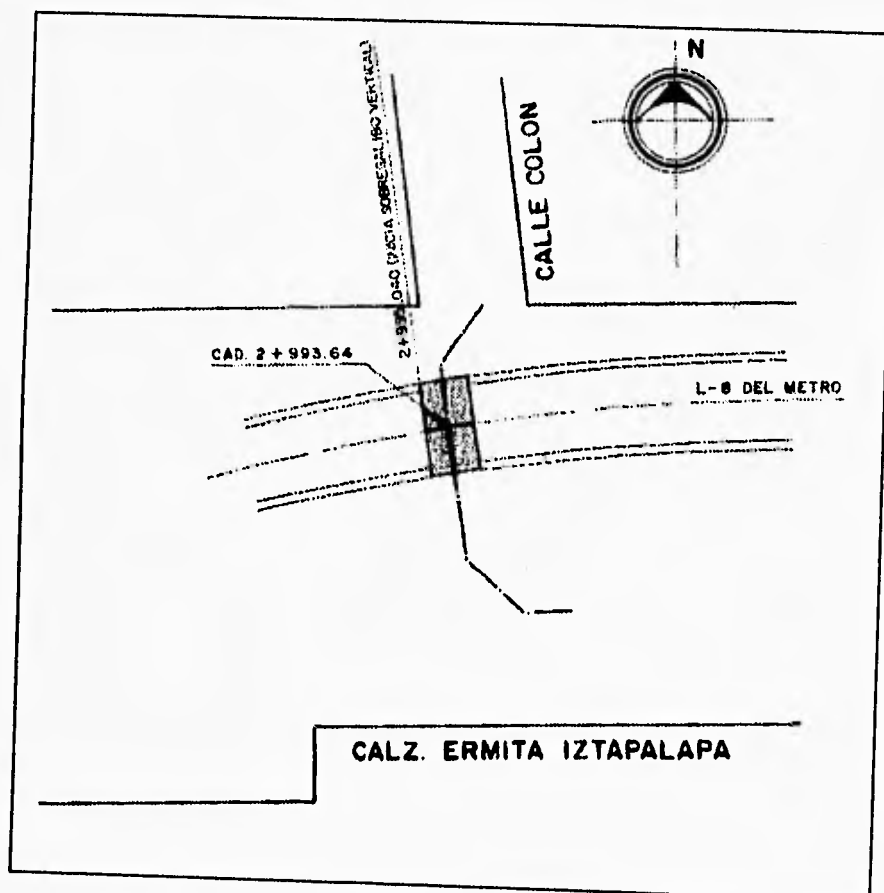
Interferencia 9.



Int.9.

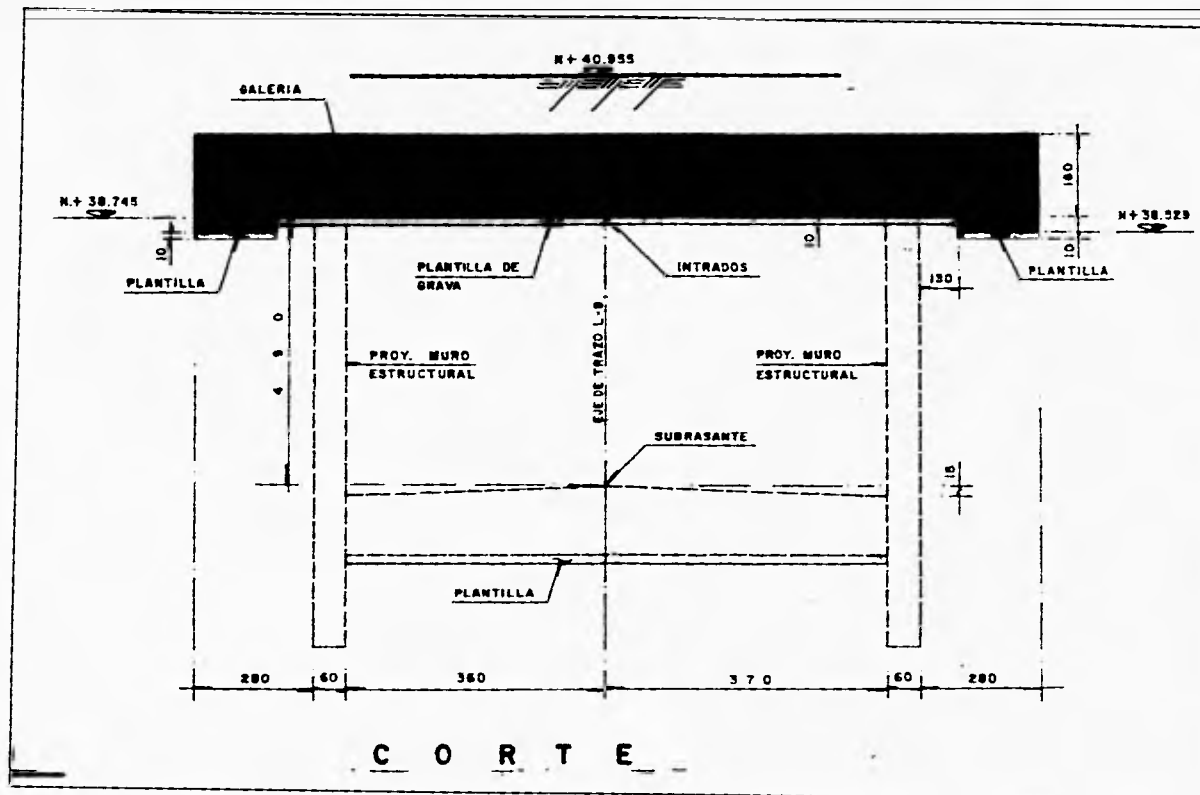


Interferência 10.

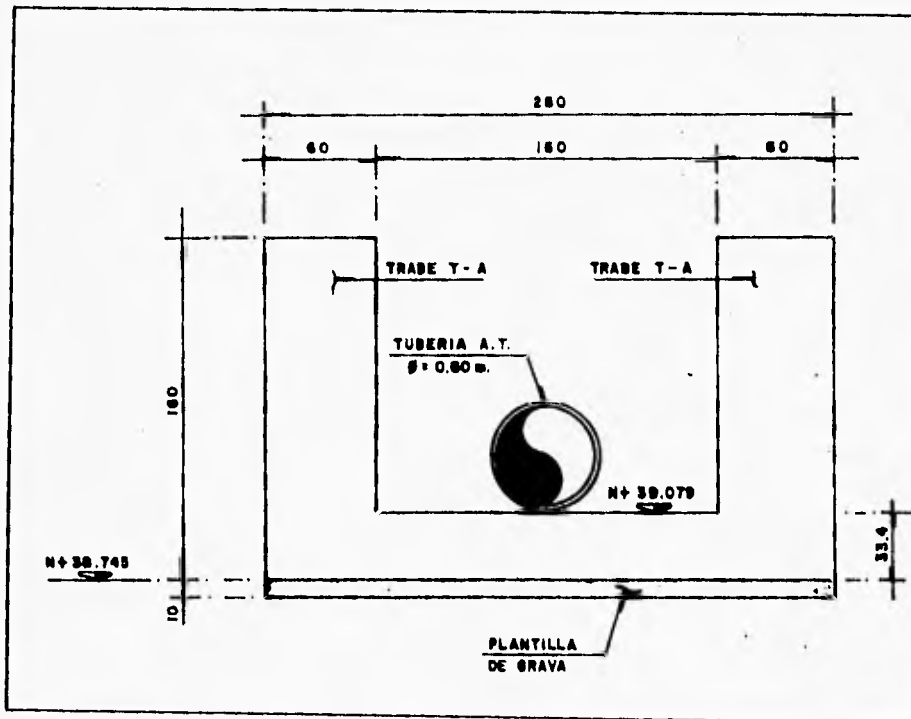


Int.10.

63



Int. 10.



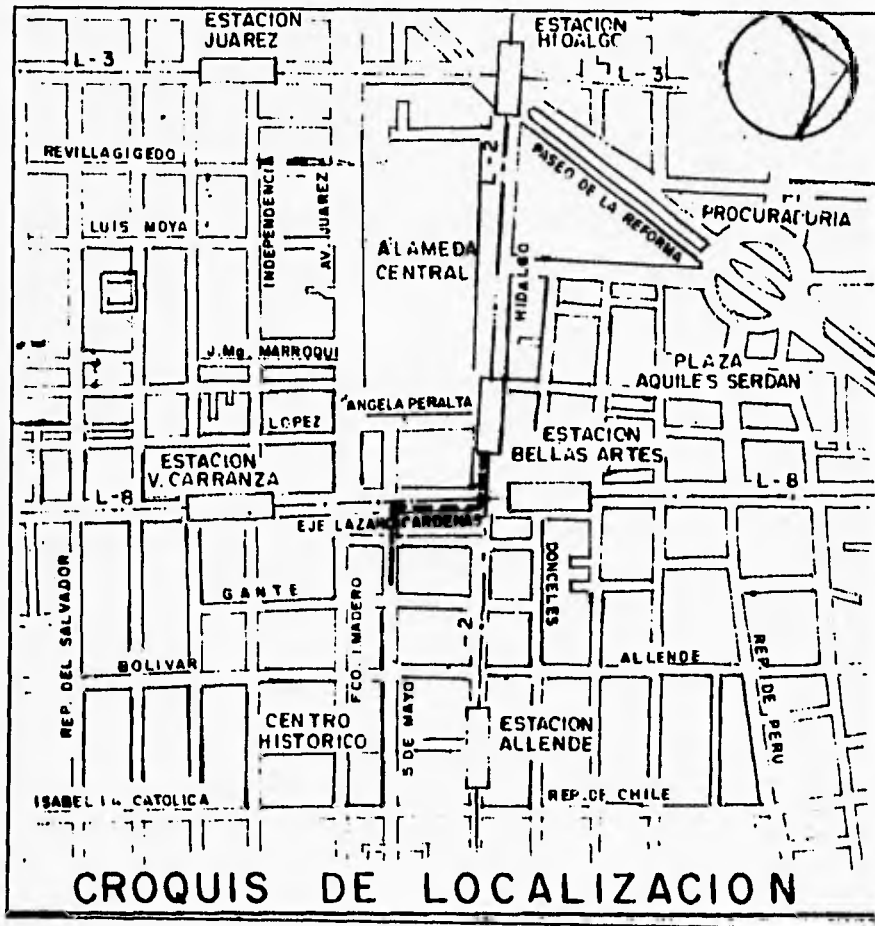
## **IV.3.0. Soluciones**

**de**

**Agua Potable.**

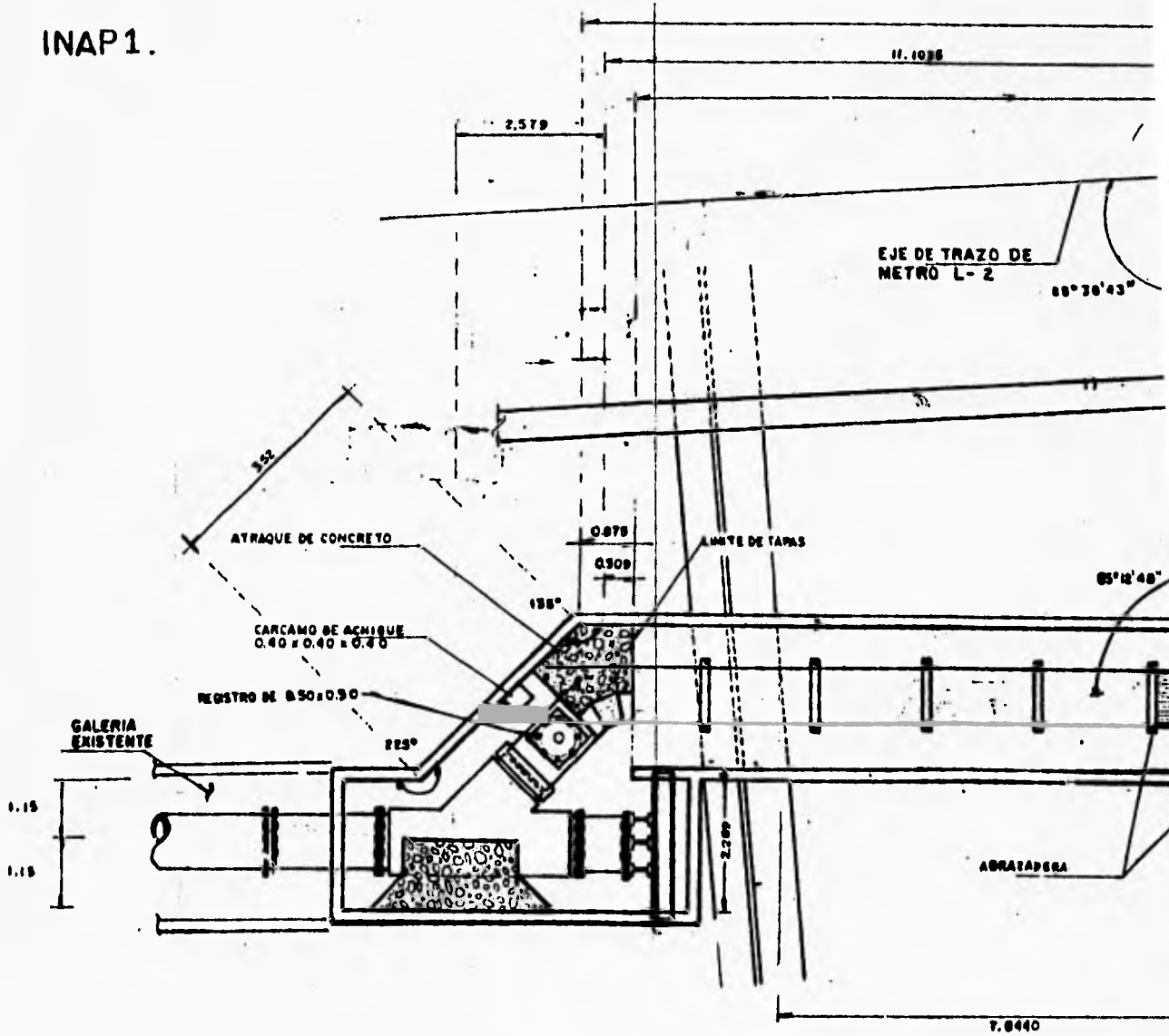


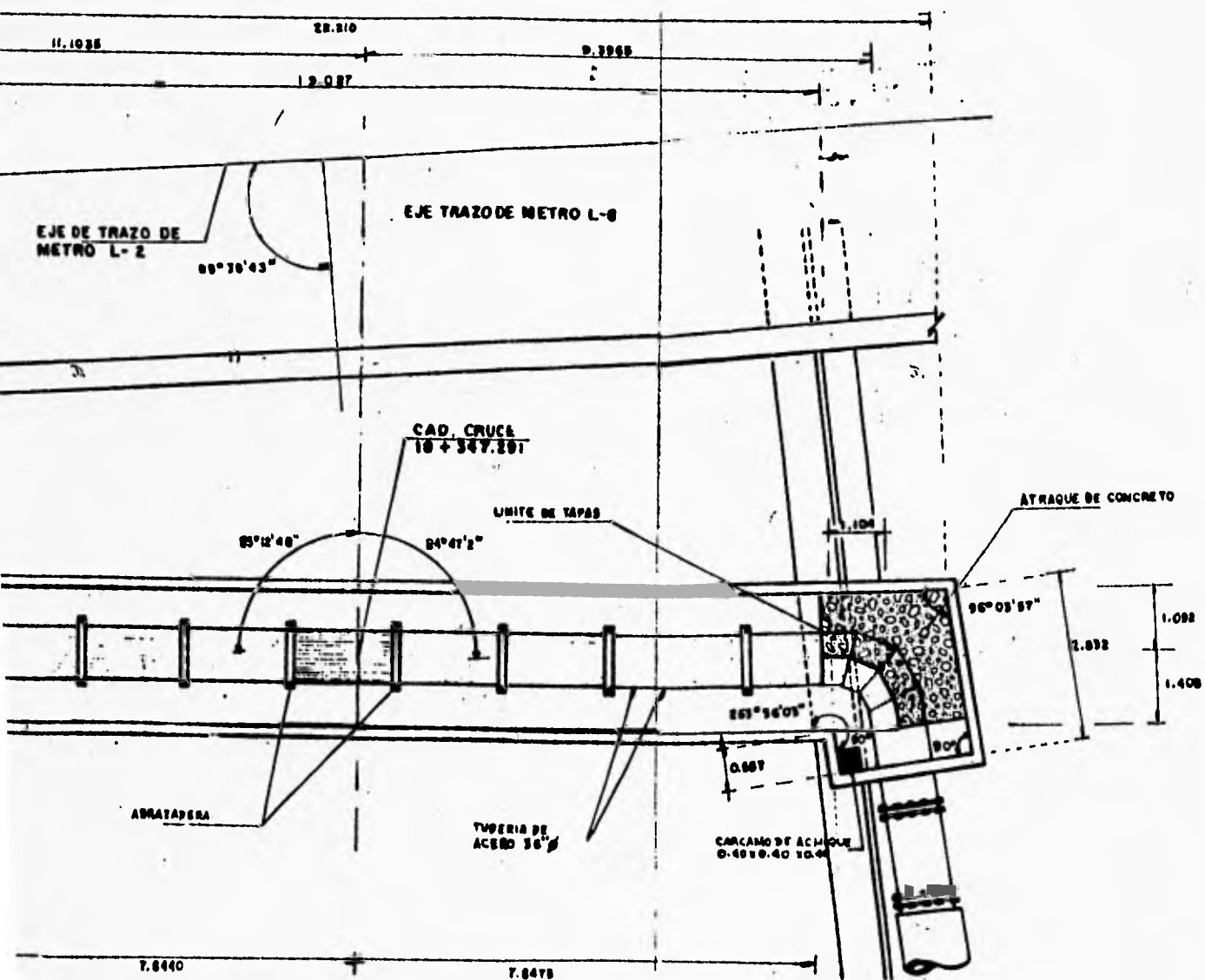
INAP 1.



FALLA DE ORIGEN

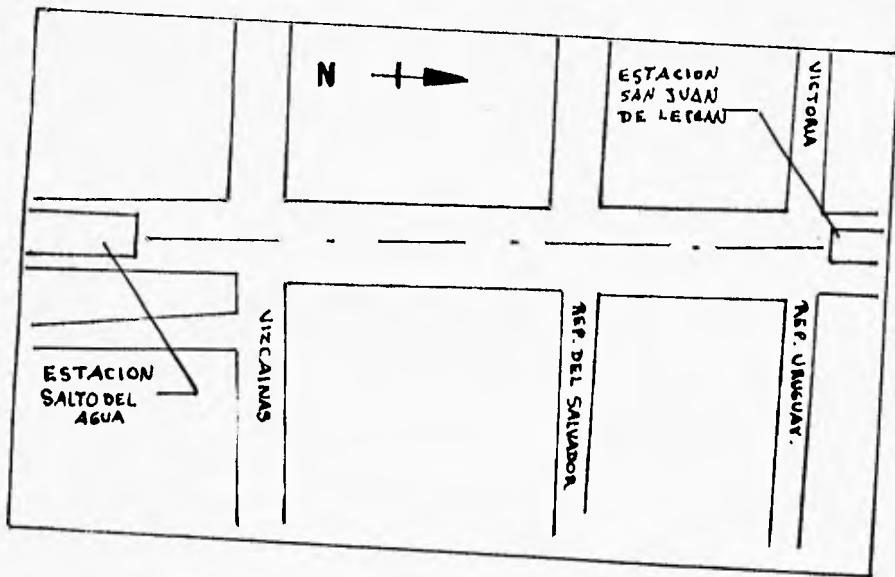
INAP1.



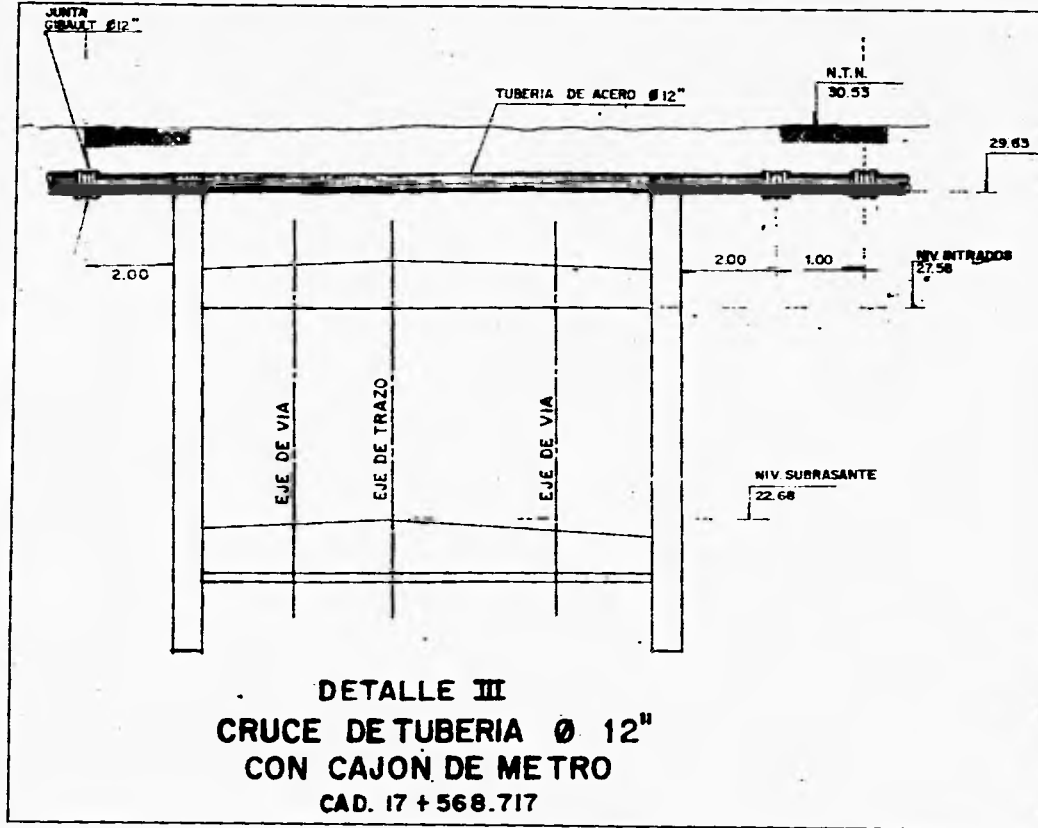


FALLA DE ORIGEN

INAP 2.



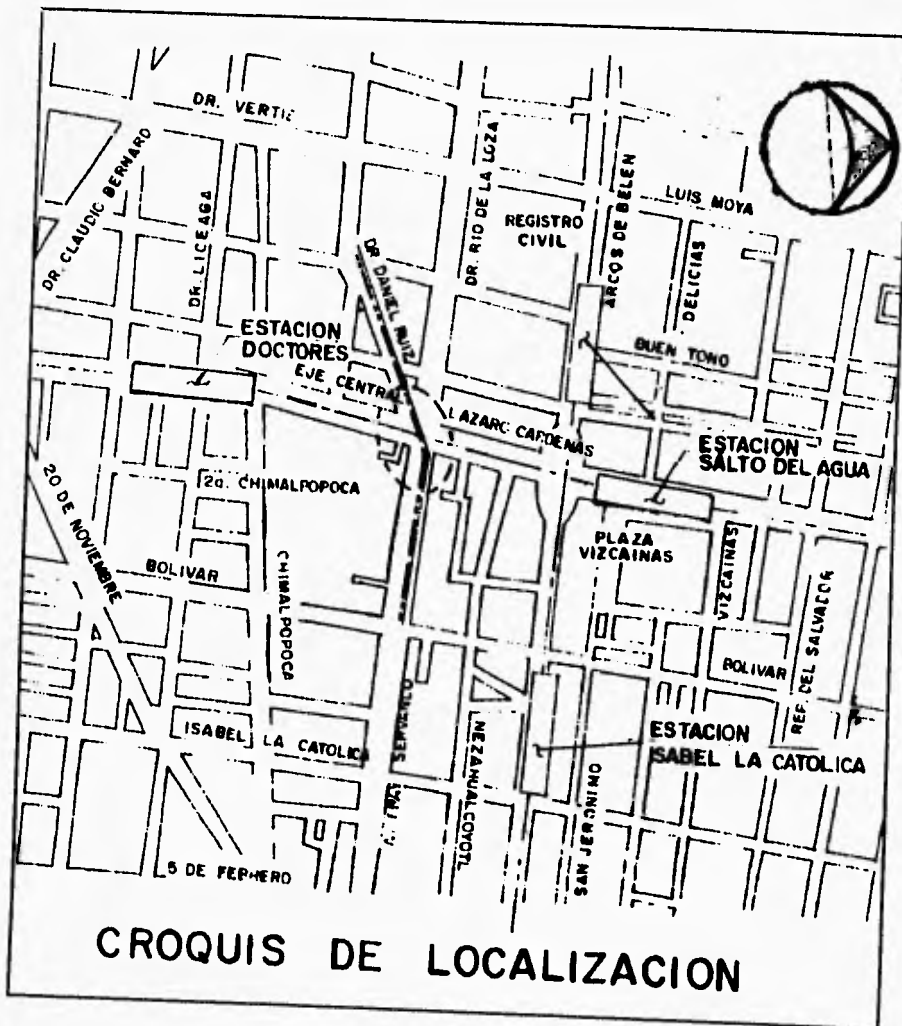
INAP2.



69

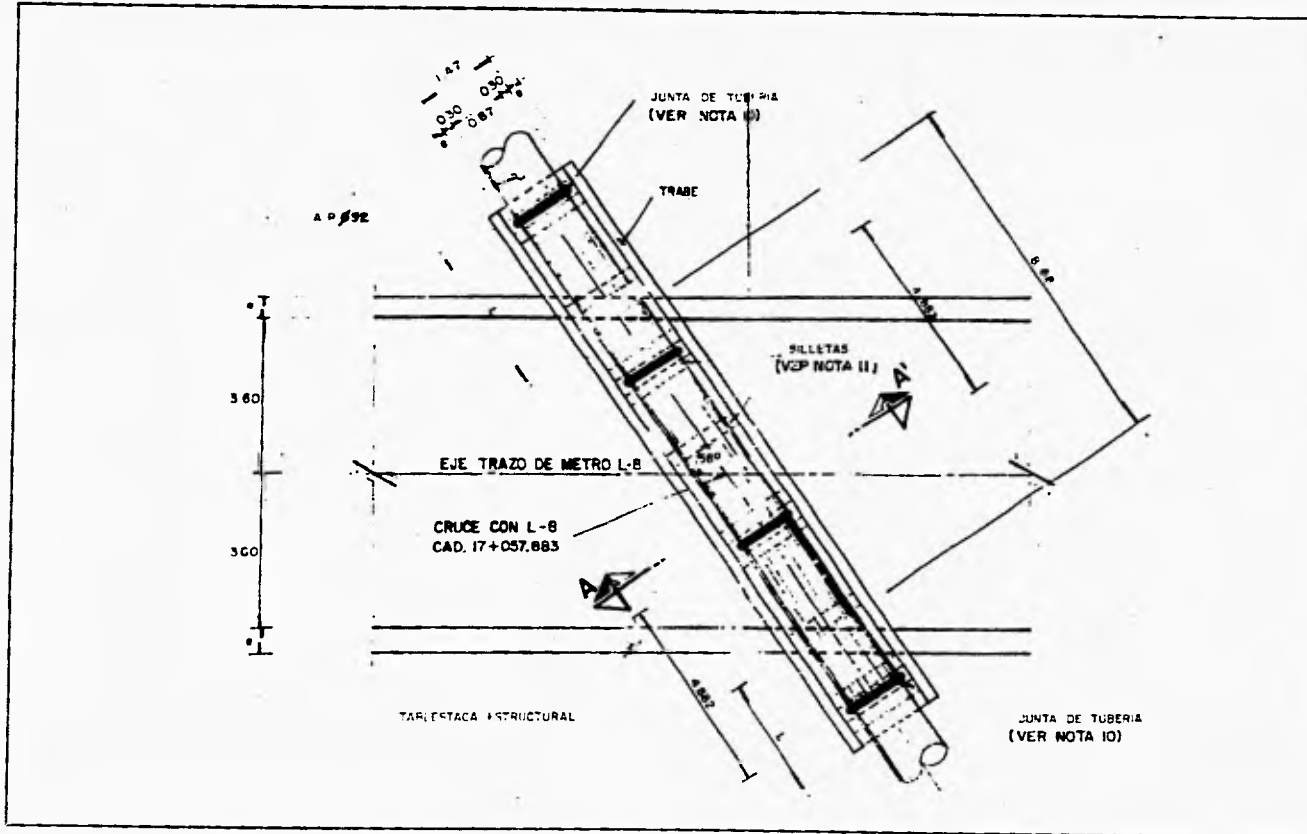
FALLA DE ORIGEN

INAP 3.



FALLA DE ORIGEN

INAP 3.



71

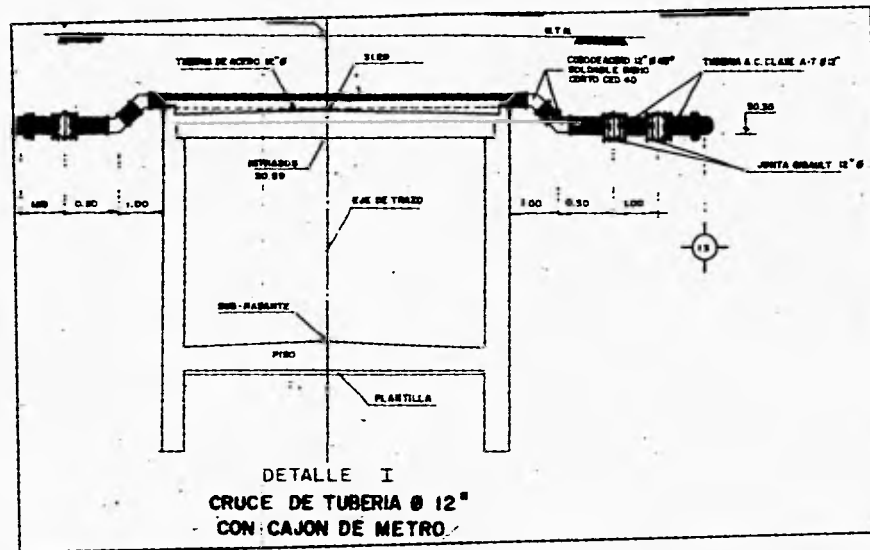
FALLA DE ORIGEN



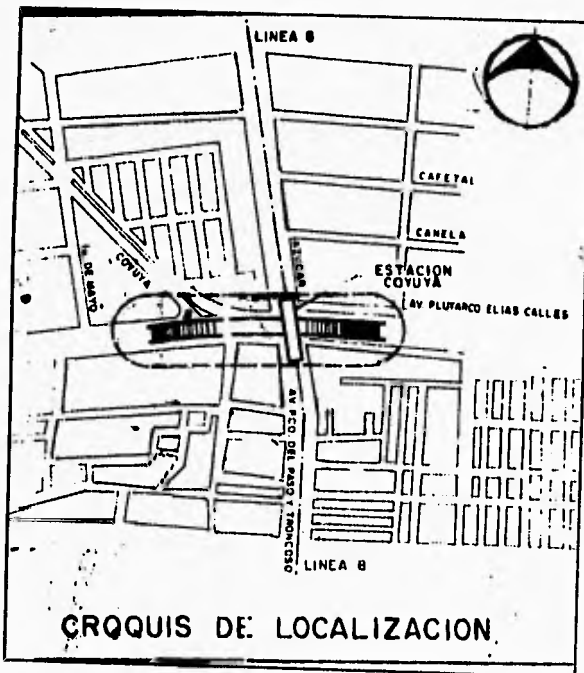


INAP4.

73

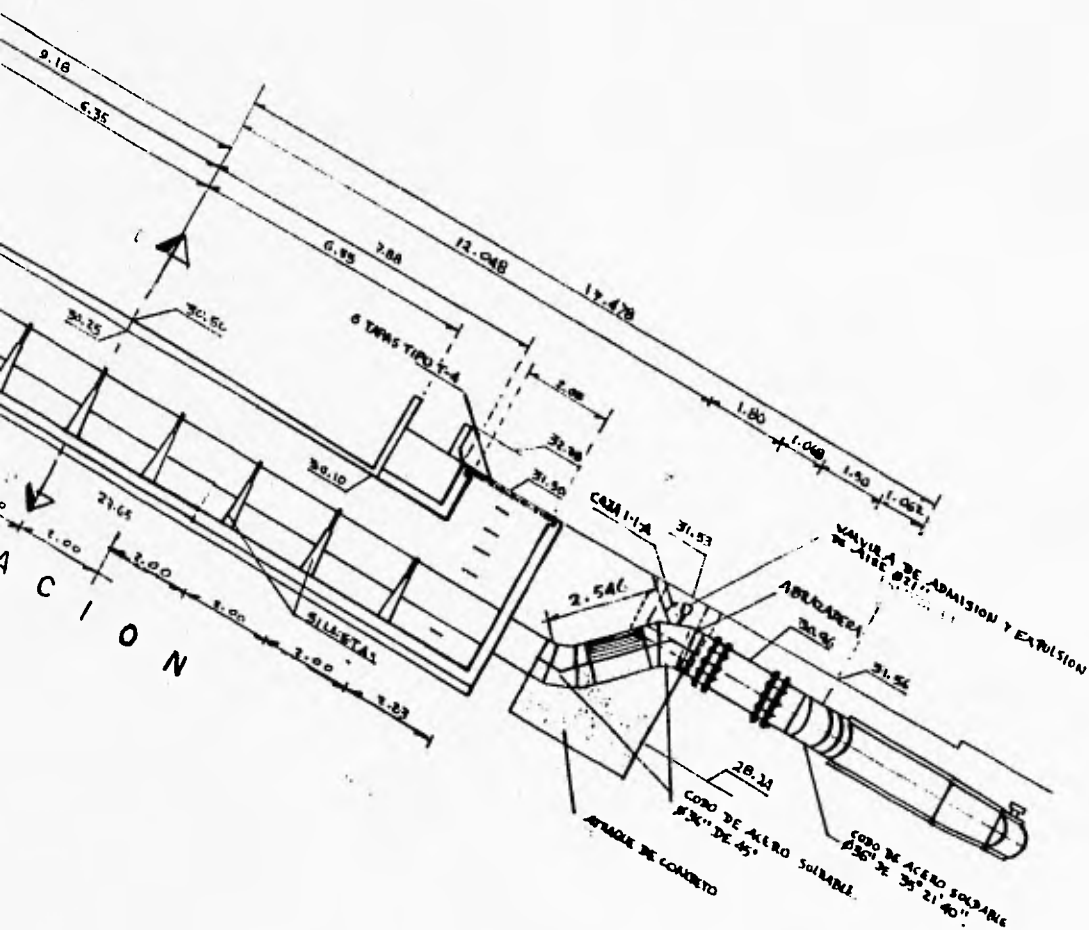


INAP 5.



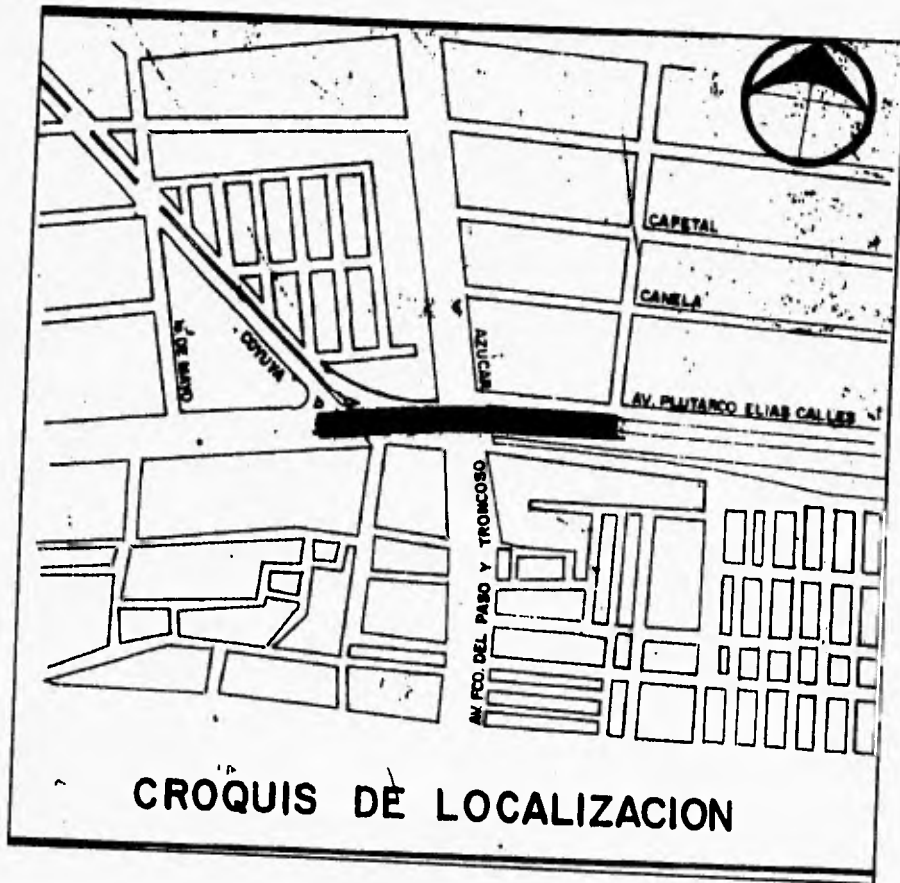
FALLA DE ORIGEN





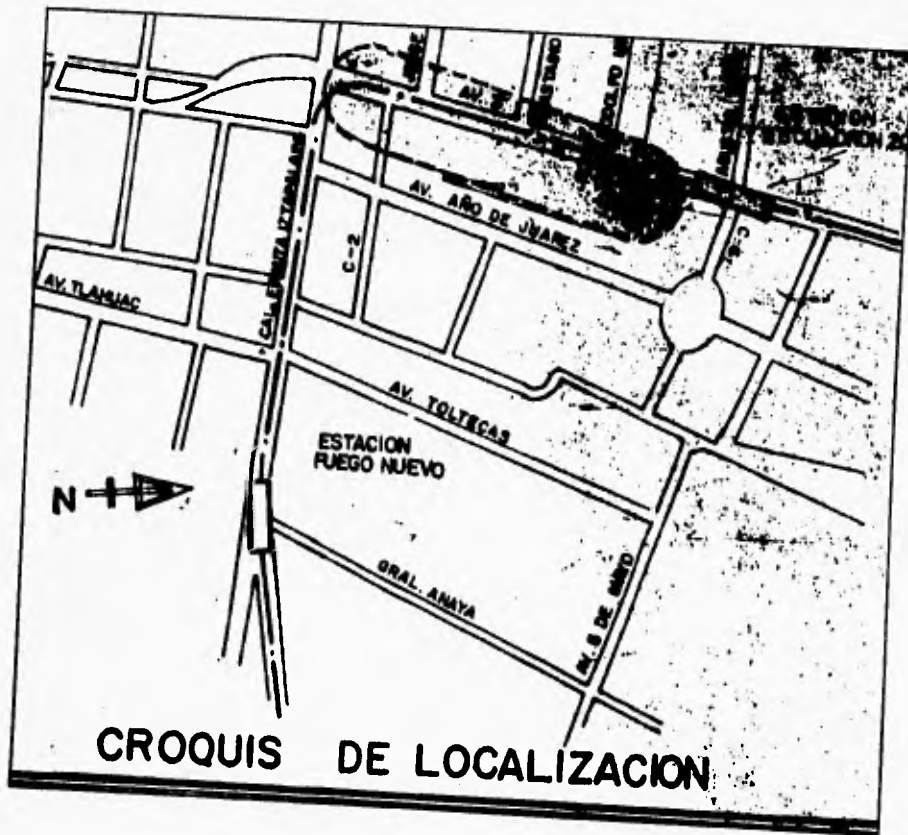
FALLA DE ORIGEN

INAP6.

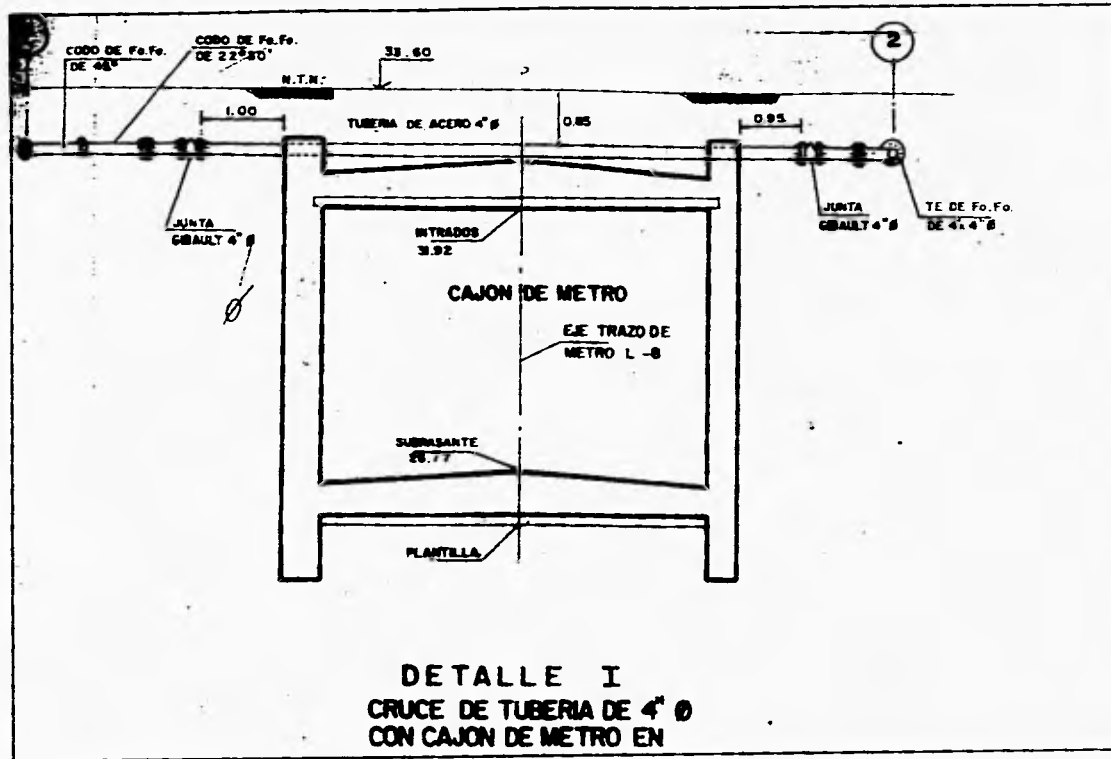




INAP 7.



INAP7.



79

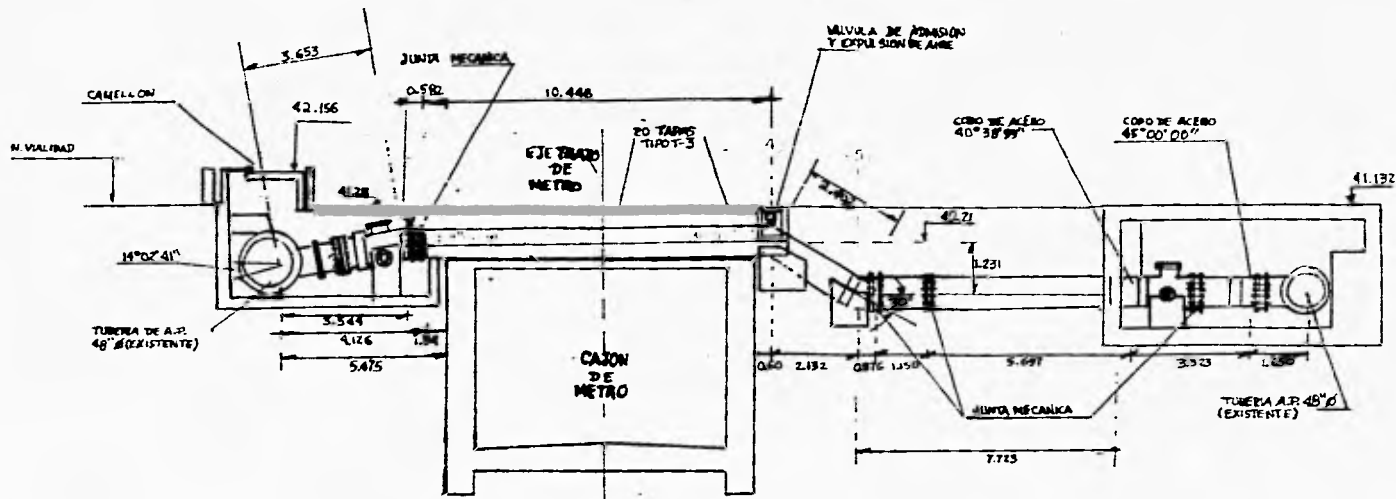
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



INAP 8.





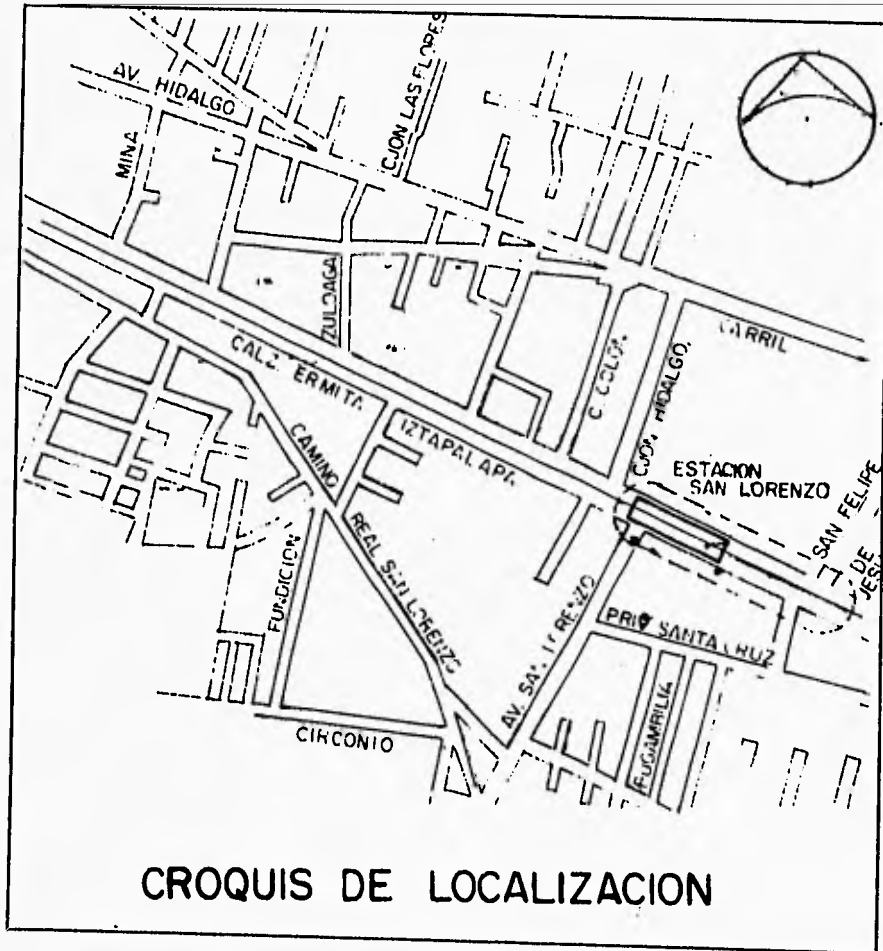
CORTE D-D  
 CRUCE DE TUBERIA CON CAJON DE METRO

81

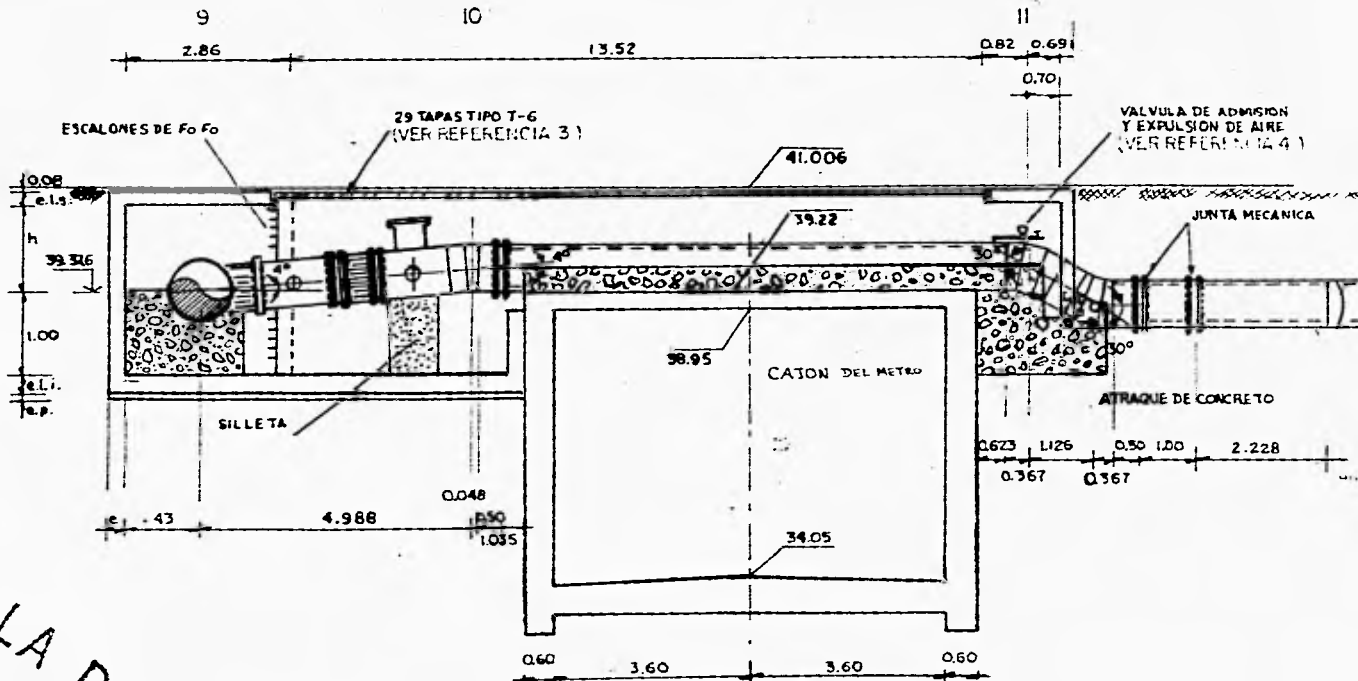
FALLA DE ORIGEN

INAP8.

INAP9.



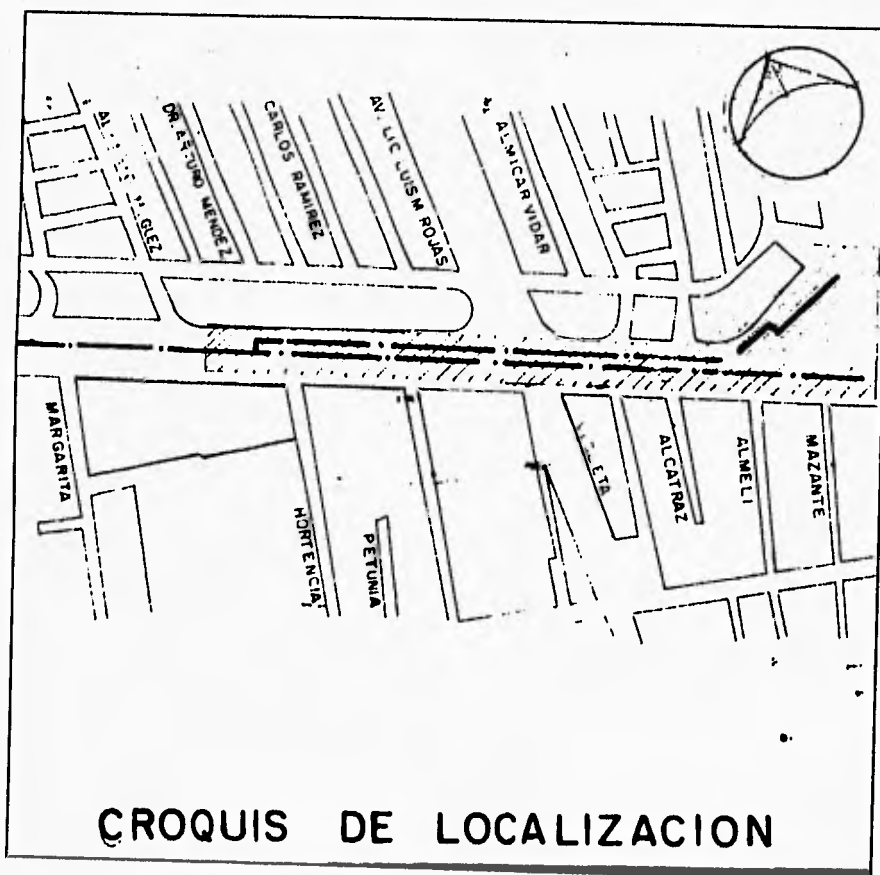
# INAP9.



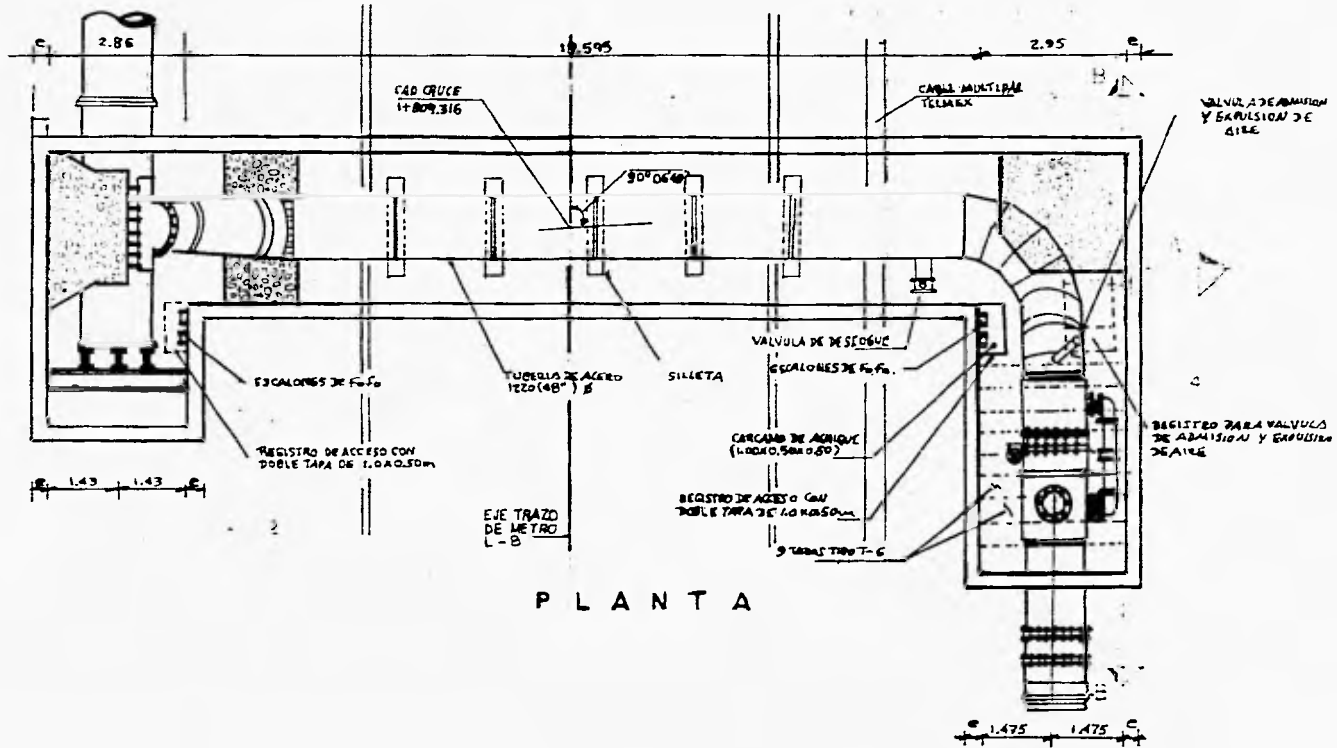
**CORTE G-G**  
SIN ESCALAS

FALLA DE ORIGEN

INAP10.



# INAP 10.



PLANTA

FALLA DE ORIGEN

**IV.4.0. Cruce de la  
Línea 8 del  
Metro con el  
Viaducto  
Río de la Piedad.**

#### **IV.4.1. Sistema de Presas del Poniente del Distrito Federal.**

Desde la época prehispánica, las poblaciones que se desarrollaron dentro de la cuenca del valle de México, tuvieron que afrontar serios problemas para drenar las aguas pluviales, debido a que la cuenca no contaba con salidas naturales, y además se encuentra en una zona donde las precipitaciones pluviales se caracterizan por su intensidad y corta duración.

Actualmente, el sistema de drenaje de la Ciudad de México es de tipo combinado; y está conformado principalmente, por redes secundarias, colectores, plantas de bombeo, cauces a cielo abierto y entubados, lagunas y presas de regulación, así como túneles profundos y semiprofundos, cuyas funciones son las de captar, controlar y desalojar en forma eficiente y oportuna las aguas pluviales y residuales que se generan en la ciudad.

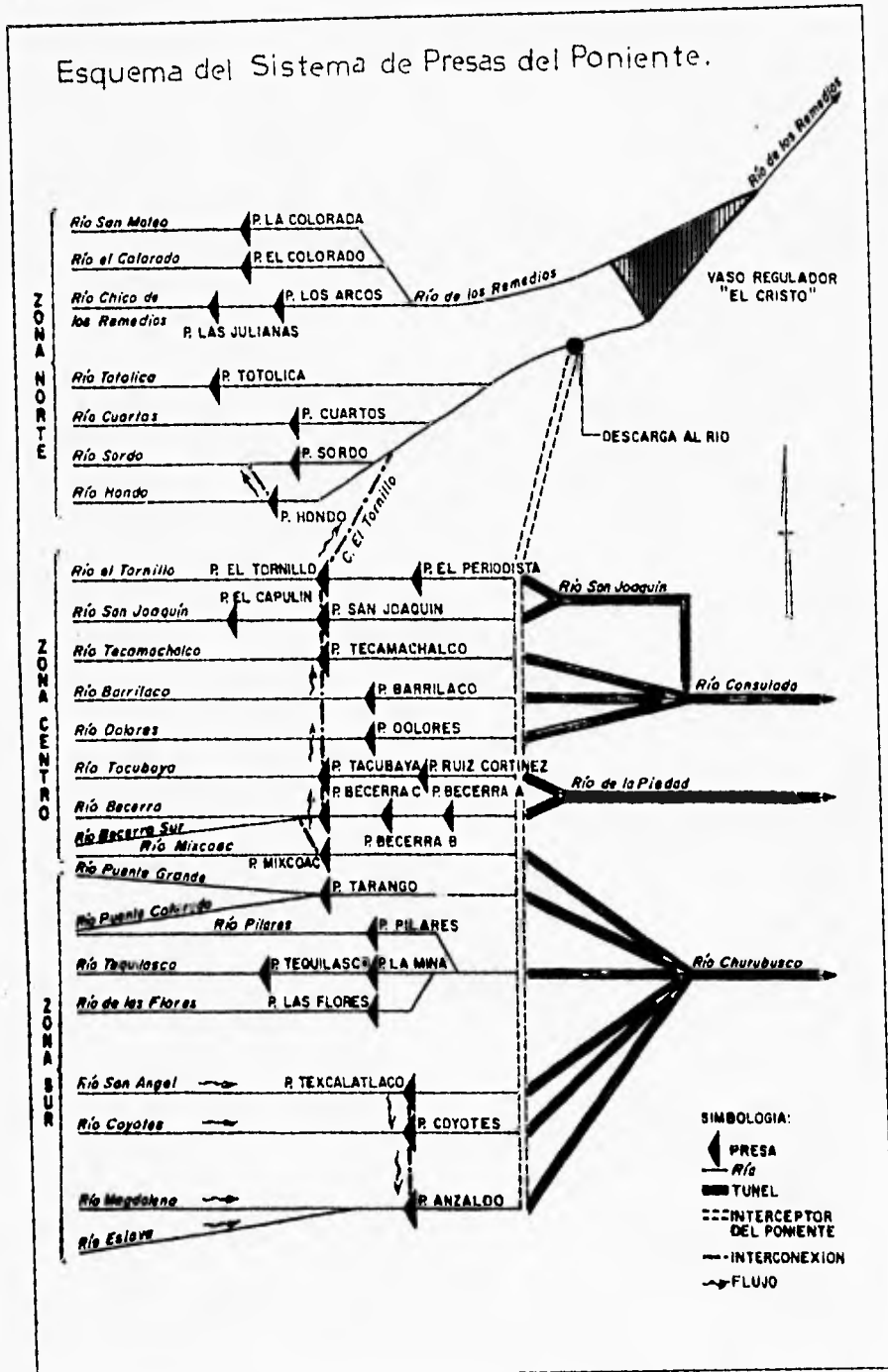
Para contribuir a lograr lo anterior, en la zona poniente de la Ciudad de México, en 1925 se inició la construcción de un sistema de presas con la finalidad de regular la llegada del agua al sistema de drenaje; evitando así que éste se sature y se provoquen inundaciones en la parte baja de la zona urbana; por otra parte, también impiden que los sedimentos sean arrastrados hacia las redes del sistema de drenaje, ya que éstos se acumulan en dichas estructuras.

#### **IV.4.2. Localización.**

El sistema de presas del poniente se localiza en una franja sobre el vertiente oriental de la sierra de las Cruces, al poniente de la cuenca del valle de México. El sistema comprende las presas que forman parte del sistema de drenaje del Distrito Federal, quedando delimitado al norte por la presa Las Ruinas, ubicada sobre el cauce del río San Javier, en el municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México; al sur por la presa Anzaldo, localizada sobre el cauce del río Magdalena, en la delegación Alvaro Obregón, en la ciudad de México.



IV.4.2.a.



## IV.4.2.b.

## Áreas de cuencas

Cuenca de la Presa	Área Urbana (km <sup>2</sup> )	Área Suburbana (km <sup>2</sup> )	Área Natural (km <sup>2</sup> )	Área Total (km <sup>2</sup> )
La Colorada*	0.214	5.526	1.810	7.550
El Colorado*	0.590	3.150	2.350	6.090
Las Julianas*	0.280	0.385	1.875	2.540
Los Arcos*	1.045	1.620	3.025	5.690
Totólica*	0.539	4.180	13.646	18.365
Los Cuartos*	6.939	9.666	6.753	21.258
El Sordo*	5.403	14.064	3.053	22.520
Hondo*	21.252	5.991	83.270	110.513
El Periodista*	1.031	0.916	0.573	2.520
El Tornillo*	0.321	0.163	0.546	1.030
El Capulín*	4.182	2.805	3.446	10.433
San Joaquín*	14.505	6.263	12.925	33.693
Barrilaco	0.992	0.272	0.220	1.384
Dolores	1.640	0.050	2.840	4.530
Tacubaya	2.518	3.025	3.281	8.824
Rulz Cortines	1.084	0.386	0.040	1.510
Becerra "A"	1.496	0.348	0.110	1.954
Becerra "B"	0.330	0.193	0.122	0.645
Becerra "C"	3.598	1.365	2.268	7.231
Mixcoac	2.227	3.258	27.471	32.956
Tarango	1.462	1.818	1.602	4.882
Pilares	0.740	0.166	0.040	0.946
Tequilasco	2.083	1.648	9.359	13.090
La Mina	0.628	0.277	0.095	1.000
Las Flores	1.023	0.155	0.332	1.510
Texcalatlaco	3.328	1.814	1.600	6.742
Coyotes	1.357	0.595	0.158	2.110
-SIN PRESA-	0.518	1.014	0.886	2.418
Anzaldo	9.004	8.324	67.832	85.160

\* Presas ubicadas en el Edo. de México

#### **IV.4.3. Operación.**

La operación del sistema de presas del poniente sólo se lleva a cabo en la temporada de lluvias (aprovechando la temporada de estiaje para mantenimiento y desazolve), mediante la revisión de la evolución de los almacenamientos en las diferentes presas; los volúmenes son temporalmente almacenados en los vasos dependiendo de la intensidad y duración de la tormenta, en lapsos de 6 a 24 horas, y posteriormente se vacían para estar listas y recibir la siguiente tormenta. Cabe señalar que independientemente de la regulación que se tiene con este sistema, las presas Tacubaya y Ruiz Cortines regulan y almacenan específicamente los escurrimientos pluviales como protección a la zona de talleres de mantenimiento en la estación Observatorio del Sistema de Transporte Colectivo Metro, y lo que es más importante, evitan una posible avenida sobre el túnel de esta línea del Metro que por las condiciones topográficas ocasionaría una terrible inundación que se reflejaría hasta el centro de la ciudad.

#### **IV.4.4. Viaducto Río de la Piedad.**

El Río de la Piedad forma parte del Sistema General de Desague del Distrito Federal, fluye de poniente a oriente, iniciando su recorrido en el cruce de la Av. San Antonio y Anillo Periférico en la colonia Sacramento, continúa por la Av. Viaducto Piedad hasta descargar al colector Churubusco, y éste a su vez, a la planta de bombeo número 2 del Gran Canal de Desague. A lo largo de su trayectoria, el Río de la Piedad capta las descargas de algunos colectores de la red primaria, mediante un sistema de bombeo integrado por cuatro plantas y una aportación de un colector semiprofundo denominado Pestallozi.

Este río se localiza en la zona central del Distrito Federal, corre por el norte de las delegaciones Benito Juárez e Iztacalco y el sur de la delegación Venustiano Carranza.

Ante las graves inundaciones sufridas en la Ciudad de México durante los años 1941, 1942, y 1944; y teniéndose como antecedentes otras mas graves ocurridas en años anteriores. El Departamento del Distrito Federal, decidió iniciar una serie de obras con el fin de mejorar la eficiencia del desague de la ciudad, entre éstas se incluía el entubamiento de algunos ríos; como fue el caso del Río de la Piedad, obra que se inició en 1945 y se concluyó en 1960.

**IV.4.5. Características hidráulicas del Río de la Piedad.**

Su capacidad de conducción es de 15 metros cúbicos por segundo, con una pendiente de 0.00027.

El conducto es cerrado, con el fin de sanear y evitar la contaminación de las áreas aledañas al río, además de eliminar la posibilidad de desbordamiento y mejorar el funcionamiento hidráulico del Sistema General de Desague.

El conducto del Río de la Piedad tiene una longitud de 10.7Km con diferentes secciones a lo largo de su desarrollo, las cuales se muestran en la siguiente tabla:

**Secciones del Río de la Piedad.**

Longitud aproximada del tramo (m).	Sección.
420	Circular 2.13m de diámetro.
1,730	" 2 de 1.52m c/u.
1,560	" 3 de 2.20m c/u.
540	" 2 de 2.20m c/u.
320	Rectangular 5.03x3.22m.
1,060	" 5.03x3.37m.
2,990	" 5.03x3.63m.
1,100	" 5.03x3.81m.
300	" 6.03x3.63m.
680	" 6.03x3.81m.
*****	*****
<b>Total</b>	
10,700	

#### **IV.4.6. Interferencia de la línea 8 del Metro con el Viaducto Río de la Piedad.**

Debido al perfil contemplado por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR) , entre las estaciones Santa Anita y La Viga, y por aspectos de la marcha tipo y operabilidad de la línea 8 (1a etapa), no fue posible modificar dicho perfil, lo cual ocasionó que se presentara la interferencia entre la estructura del cajón del Metro con el ducto del río de la Piedad (Ver la figura A).

#### **IV.4.7. Problemática de la interferencia.**

Desde el punto de vista hidráulico, ya se ha mencionado que el río de la Piedad forma parte del Sistema General de Desague del Distrito Federal, en época de lluvias, y además capta algunas descargas sanitarias del colector semiprofundo Pestalozzi durante todo el año, ocasionando así que el río de la Piedad permanezca en funcionamiento constante y no se pueda seccionar en ningún punto; Lógicamente, esto hace pensar que en el lugar de la interferencia se tuvo que trabajar por lo menos con un gasto producto de aguas residuales. Por tal motivo, después de numerosas reuniones entre COVITUR y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica se decidió construir el tramo de cajón del Metro en la época de estiaje y trabajar exclusivamente con gastos producto de aguas residuales.

Aclarando: Se consideró como época de estiaje al periodo de tiempo comprendido de Octubre a Marzo, que representa medio año, tomando en cuenta también posibles precipitaciones en el periodo de invierno.

Desde el punto de vista vial, se afectó el funcionamiento del Viaducto Río de la Piedad cerrando en una primera etapa los carriles laterales y en una segunda etapa los carriles centrales desviando el flujo vehicular a los carriles laterales. Cabe aclarar que siempre se buscó aliviar el flujo vehicular debido a que esta arteria está considerada como "vía presidencial".

#### **IV.4.8. Solución a la interferencia.**

La solución a esta interferencia se efectuó en dos etapas fundamentales que a continuación se mencionarán con sus correspondientes procesos constructivos.

#### **IV.4.9. Primera etapa.**

En la primera etapa se clausuró el tránsito en las vías laterales con el objeto de llevar a cabo modificaciones necesarias y ampliar a tres carriles estas zonas, con el fin de dar continuidad al flujo vehicular del viaducto por la razón antes mencionada.

Simultáneamente a esta actividad se construyeron los muros tablaestaca que cruzan las vialidades laterales, ligando dichos muros con los correspondientes a los subtramos complementarios fuera del viaducto. Se construyó también un muro tapón en la frontera que limita las vialidades laterales de las rápidas del viaducto con el objeto de no afectar las áreas de circulación vehicular durante el proceso constructivo (ver figura D).

Una vez concluido el colado de los muros tablaestaca y el colado de éstos cumplió su resistencia de proyecto, se inició la excavación del prisma de suelo entre los mismos, y posteriormente se empezó la construcción del cajón del Metro en esa zona.

Como una alternativa se aplazó la excavación del cajón hasta una tercera etapa y se abrió el tránsito vehicular una vez concluido el colado de muros tablaestaca en las vialidades laterales del viaducto, se tomó en cuenta que la zanja hecha para la construcción de muros tablaestaca se relleno con material areno-limoso tipo tepetate y restituyó el pavimento y en algunos puntos las zanjas se taparon con placas de acero como se puede ver en la figura E.

#### **IV.4.10. Segunda etapa.**

La segunda etapa comprendió la construcción del cajón del Metro en la zona central del viaducto, para esto se suspendió el tránsito en esta zona canalizándolo por las vías laterales.

Los trabajos realizados durante la segunda etapa comprendieron la construcción de muros tablaestaca, la instalación de una tubería de desvío, la demolición del cajón del Río de la Piedad, la excavación, apuntalamiento y construcción del cajón del Metro, la reconstrucción del cajón del Río de la Piedad y la restitución del pavimento.

Previo al inicio de los trabajos de desvío del cauce del río y de la demolición de su cajón, fue necesario concluir la excavación y construcción de los muros tablaestaca en la zona de vialidad rápida del lado norte del viaducto con el objeto de instalar la tubería de desvío a lo largo de dicha vialidad (ver figura C).

Los puntos más importantes a esta segunda etapa se mencionan a continuación:

##### **Instalación de la tubería de desvío.**

Debido a las condiciones topográficas de la vialidad rápida-norte del viaducto, fue necesario realizar cortes en el terreno y construir silletas como estructuras de apoyo para la tubería de desvío.

Los cortes (ó excavaciones) en el terreno se efectuaron a cielo abierto y entre taludes cuya inclinación fue de 0.5:1 (horizontal a vertical).

Una vez concluido lo anterior se procedió a colocar la tubería de desvío.

Para realizar la conexión del ducto y el cajón del río, fue necesario hacer un desvío dentro del mismo cajón para poder efectuar los trabajos en una zona libre de agua de acuerdo a lo que a continuación se indica:



1- En las zonas donde se conectó la tubería con el cajón del río se demolió la losa tapa de este lo suficiente para colocar costaleras en forma de herradura como se puede ver en la figura F, con el fin de aislar estas zonas de la corriente del río.

2- Una vez que las costaleras impidieron el paso del agua hacia la zona de trabajo y esta se mantuvo estanca, se llevó a cabo la demolición de la pared del cajón y se instaló la tubería de desvío como se ve en las figuras B y F.

Nota: La tubería de desvío fue de acero con un diámetro de 1.83 metro, una pendiente de 0.00027, una longitud de 86.50 metros y para un gasto a tubo lleno de 1.71 metros cúbicos por segundo.

3- Después de colocada la tubería en su posición definitiva se sellaron los extremos de esta con las paredes del cajón del río.

4- Una vez que las uniones entre pared y tubería se sellaron en su totalidad se retiró la costalera a manera de encauzar la corriente por el ducto de desvío.

5- Inmediatamente se colocó un tapón a base de costaleras en la sección del cajón del río como se puede ver en la figura C, a manera de impedir la circulación del agua en la zona donde se efectuó la demolición del cajón del río.

6- El tapón así como las costaleras en forma de herradura tuvieron una sección trapecial con las dimensiones indicadas en la figura F.

7- Una vez que la tubería de desvío entro en funcionamiento, se inició la demolición del cajón del Río de la Piedad.

#### **Construcción del cajón del Metro en la zona de cruce con el viaducto.**

Para llevar a cabo la construcción de muros tablaestaca fue necesario haber efectuado la demolición del cajón del río en su totalidad y se verificó que no hubiera problemas de filtración de agua.

Después de que la losa de techo del cajón del Metro se construyó, se colocó sobre esta un lastre de concreto simple de 70cm de espesor en el ancho correspondiente al cajón del río, con el objeto de evitar la flotación de la estructura ya que su comportamiento varía en función del caudal que desaloja.

Una vez que el relleno sobre el cajón del Metro alcanzó su nivel de proyecto, se procedió a construir el cajón del río. Cuando el cajón del río fue reconstruido en su totalidad se retiró la costalera (tapón ó ataguía) de tal forma de llevar la corriente del río a su cauce original.

Concluido lo anterior se efectuó el retiro de la tubería de desvío de la siguiente manera:

Se colocaron costaleras formando una herradura como se ve en la figura F, con el objeto de formar una zona estanca y así poder retirar el ducto de desvío, procediendo de inmediato a reconstruir las zonas del cajón del río que fueron afectadas.

Retirada la tubería se procedió a demoler las silletas y a efectuar la restitución del pavimento.

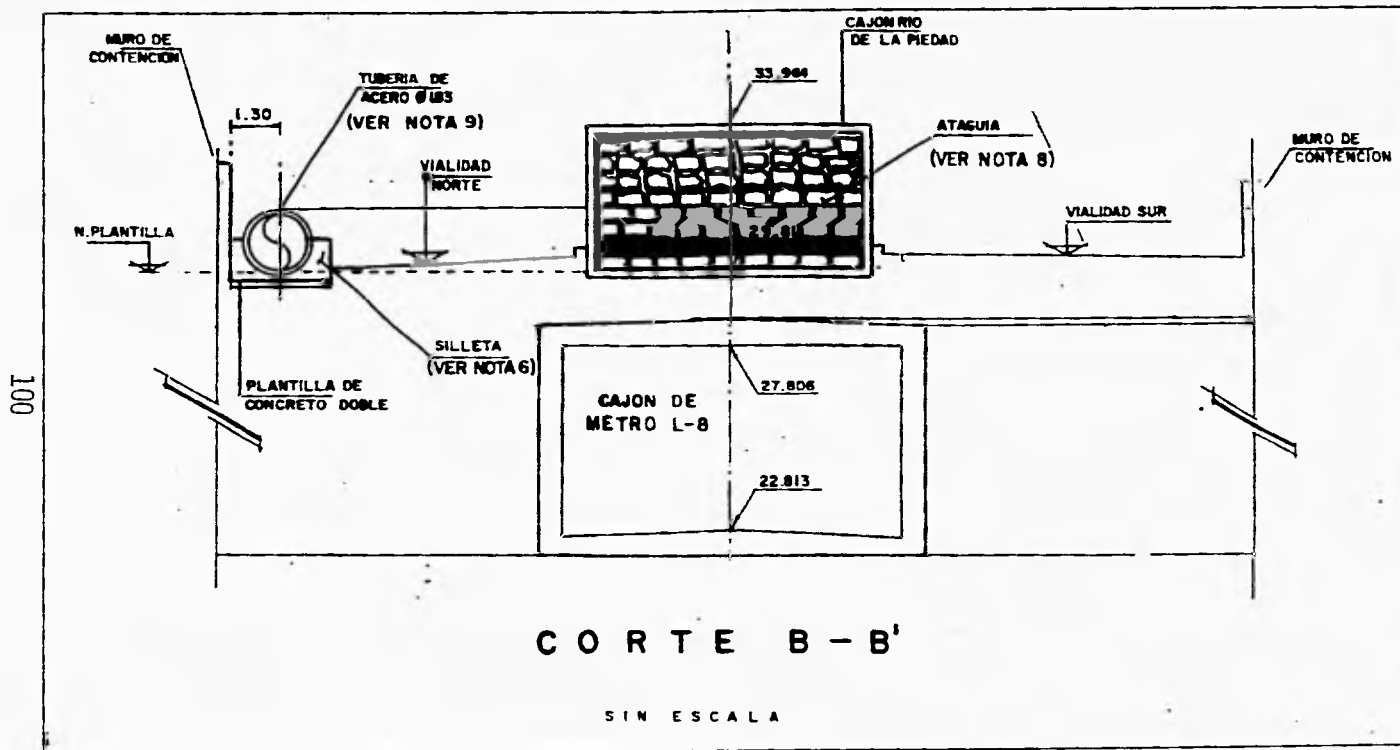
Figura A.



FALLA DE ORIGEN



Figura C.



FALLA DE ORIGEN

Figura D.

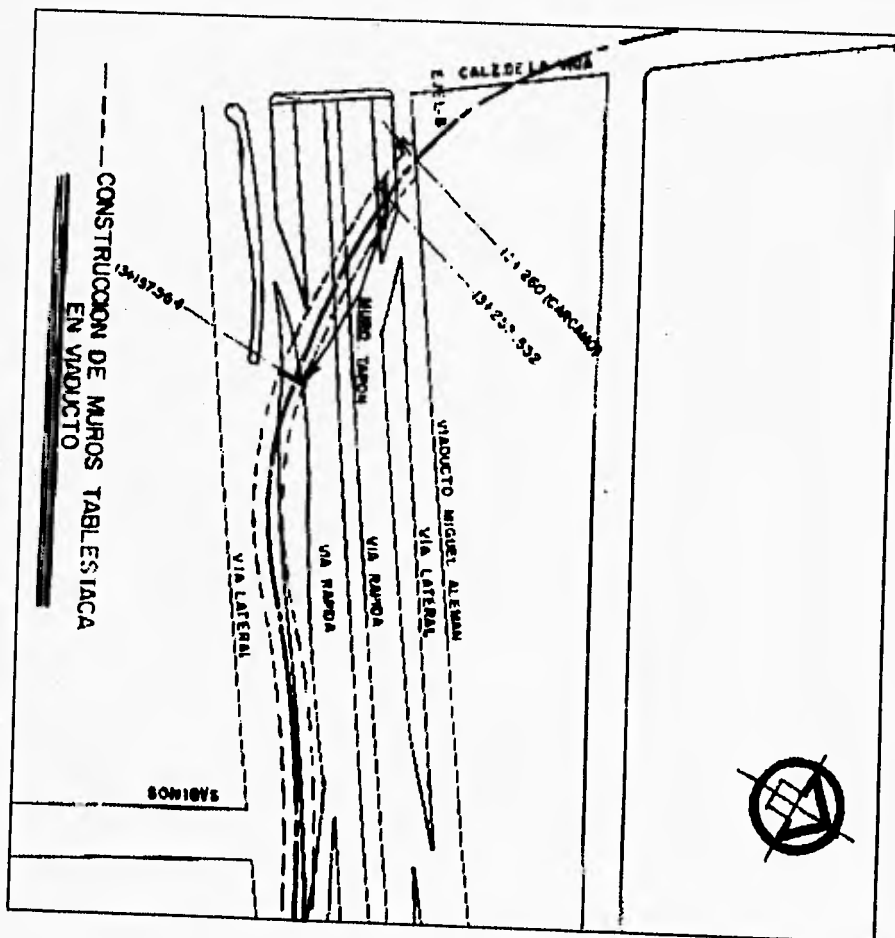
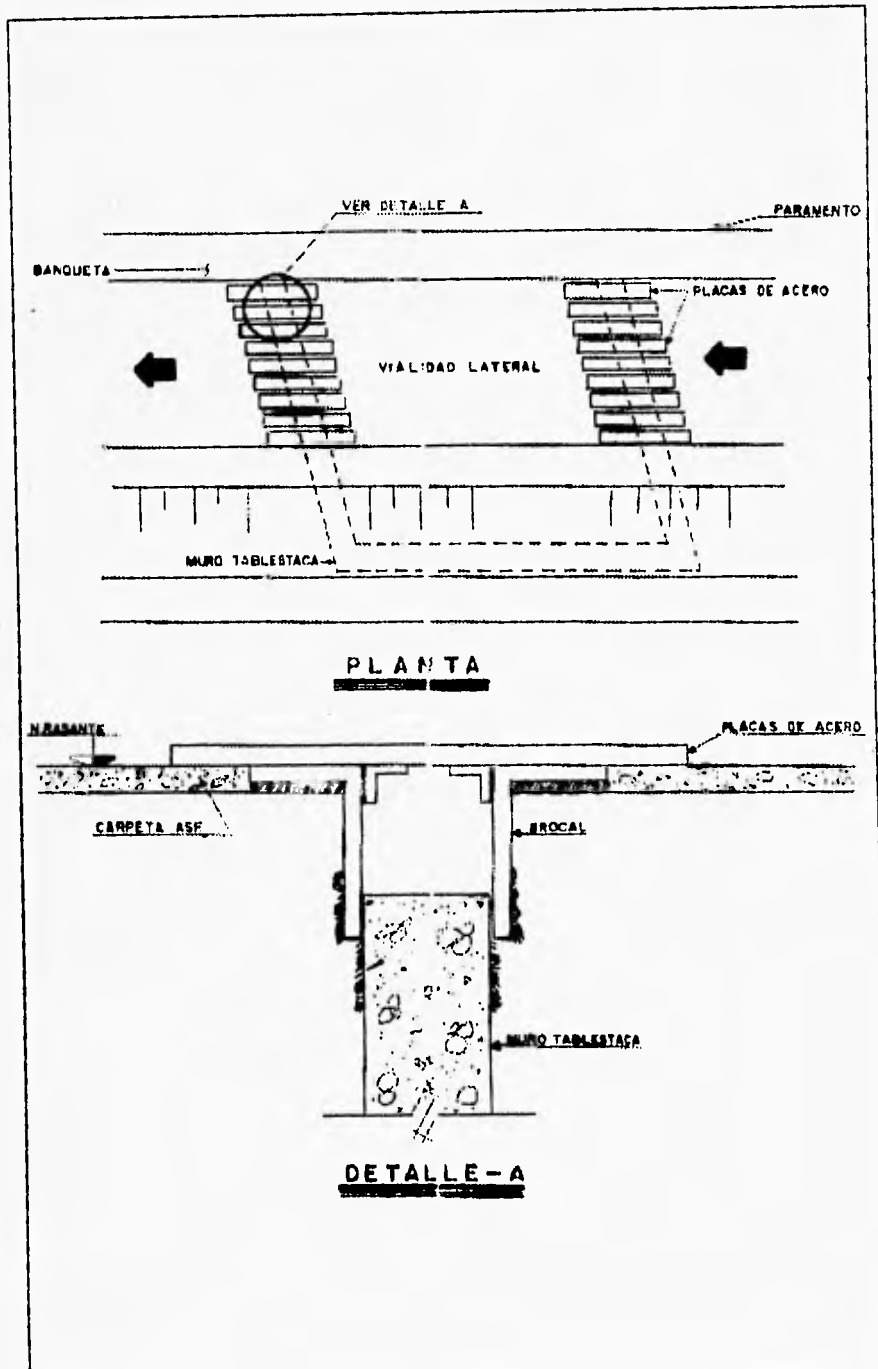
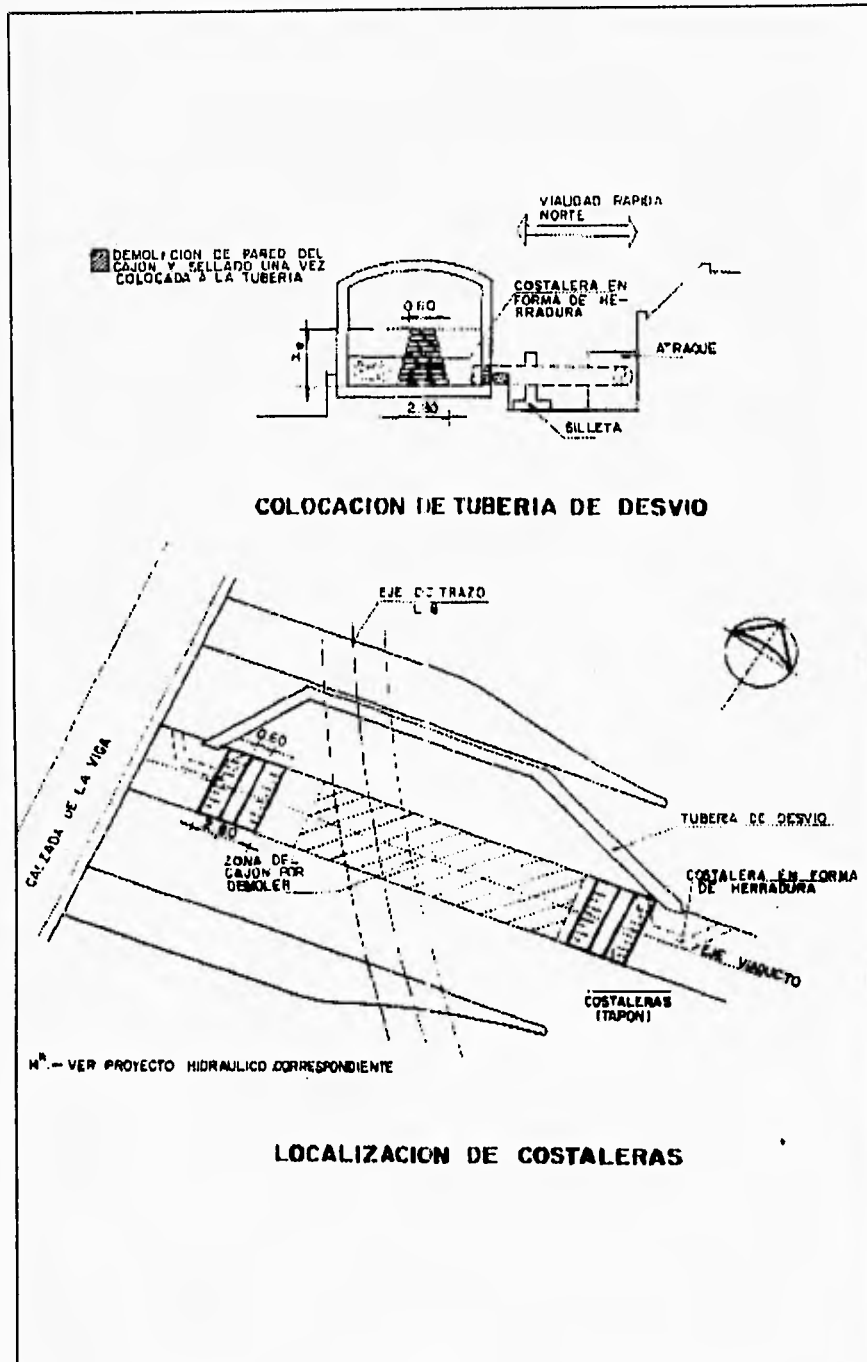


Figura E.



FALLA DE ORIGEN

Figura F.





## **Tema V. Conclusiones.**

Creo que todos sabemos que la Ciudad de México tiene una sobrepoblación que hace que cada día sea mas complicado utilizar los servicios públicos, agua potable, drenaje, luz, transporte, etc. Referente al transporte, los actuales medios resultan insuficientes para cumplir su misión, como consecuencia, no es un capricho seguir construyendo líneas del Metro, si no mas bien una necesidad, y para cubrir esa necesidad se tienen que hacer diversas obras que en algunos casos interfieren con obras ya terminadas y que muchas de ellas ya están funcionando, ocasionando incomodidades a la sociedad, pero que en un futuro se transformarán en beneficios.

Al hablar de obras que interfieren con obras ya terminadas, me inclino al objetivo de mi tesis, las interferencias hidráulicas. La pregunta sería: ¿Que obra tiene prioridad sobre la otra?

Pues bien, como se trata de interferencias entre servicios públicos, transporte y drenaje ó transporte y agua potable, lo único que se puede concluir es que ambos servicios son importantes y por lo tanto no podemos desaparecer la existencia de ninguno, si no por el contrario buscar la manera de conservar la de ambos.

El criterio para tomar una decisión respecto a qué tipo de solución se le dá a una interferencia hidráulica está restringida al hecho de que no podemos alterar el Plan Maestro de la línea del Metro a construir, es por eso que algunas soluciones no son las mas correctas desde el punto de vista hidráulico, pero desde el punto de vista cimentado en el Plan Maestro son las que mas se ajustan a él. Tal vez la solución hidráulica correcta sea mas económica pero requiera de un tiempo de ejecución mayor al establecido, ó analizando por el otro lado, puede que el costo de la solución sea mas elevado y no se cuente con el presupuesto para ejecutarla, procurando mantener un equilibrio entre las necesidades más prioritarias de la Ciudad, atreviéndome a preguntar en determinado momento, ¿Qué

es más importante para la Ciudad, un sistema de transporte colectivo ó una dotación constante de los sistemas hidráulicos?

Entonces, por lo que se puede ver, no se puede alterar en ningún punto lo pre-establecido por un Plan Maestro ya que esto generaría una modificación del proyecto que puede ser total y antieconómica.

Debo aclarar que lo antes mencionado no quiere dar a entender que las soluciones que se dieron para la línea 8 del Metro estén mal, si no, no serían soluciones, lo que se hizo fue buscar de entre todas las soluciones, las más óptimas.

Recordemos que un problema existe cuando no se puede resolver con los medios que uno tiene ó cuando existen diversas maneras de solucionarlo y no se tiene un criterio a seguir, pues bien, en este caso existían diversas maneras de solucionar las interferencias y los criterios tomados para cada solución estuvieron apoyados al hecho de no alterar un Plan Maestro.

Ahora quisiera hablar un poco de la funcionalidad de las galerías. Las galerías fueron soluciones estructurales de mucha importancia, ya que en ellas se podían concentrar varias soluciones a interferencias, así pues se construyeron galerías donde quedaron protegidos a la vez varios servicios públicos tales como agua potable y redes telefónicas, ó cableado de alta tensión, etc.

Es importante hacer notar que al construir una galería todo lo que queda protegido por ésta tiene una total independencia con la sección del Metro a manera tal que si existe una fuga de agua potable, ó que se rompa un cable de teléfono, no altere el servicio del Metro, ó viceversa, si el Metro tiene algún problema no altere el servicio de algún elemento protegido por la galería. Aquí cabe señalar que la independencia entre sección del Metro y solución representó uno de los principales criterios a seguir en la toma de decisiones.

En otros casos, cuando hubo necesidad de cambiar el material existente de las tuberías, el criterio fue sencillo. Para agua potable, cuando la tubería pasaba por encima del cajón del Metro y existía poco colchón, era lógico pensar que se necesitaba un material mas resistente a las nuevas condiciones de trabajo, entonces se cambió el material original por tubería de acero. Cuando la tubería quedaba por la explanación del Metro, como se mencionó en el Tema III, se cambió el material original de la tubería, por acero, ya que éste es mas resistente a las nuevas condiciones de trabajo y obliga a las posibles fallas a que se presenten fuera de la explanación del Metro y no alteren el servicio de éste.

Como se ve, no se tiene una teoría a seguir para dar soluciones inmediatas, ya que cada interferencia involucra una problemática que va mas allá del análisis hidráulico; Sin embargo, existe una herramienta muy útil que siempre ha existido, la "EXPERIENCIA", así pues, basándonos en ella podemos tener una visión amplia que nos refuerce en la toma de decisiones.

En conclusión, quiero decir que independientemente del carácter de la solución dada a la interferencia, cuando esta se realice, se debe garantizar que verdaderamente sea una solución, desde todos los puntos de vista, hidráulico, económico, social, constructivo, etc, procurando no alterar si no cuando sea posible mejorar "integralmente" el sistema hidráulico de la Ciudad.

**Bibliografía:**

Cien años de comunicaciones y transportes en México.

1891 -1991.

S.C.T.

El tránsito en México.

1989.

S.C.T.

Descripción y análisis del Sistema General

de Alcantarillado de la Ciudad

de México.

Ing. José González.

Ing. Agustín Pérez.

Revista:

Línea 8. Primera Etapa.

Garibaldi - Constitución de 1917.

COVITUR, 1994.

Tratado General del Agua y su distribución.

Tomo 7.

URMO.S.A.

Diagnostico de las Presas del Poniente.

(Contrato 0-33-1-2087)

Instituto de Ingeniería U.N.A.M.