



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

***“PROYECTO DE DRENAJE SANITARIO EN LA  
LOCALIDAD DE SANTA CRUZ, MUNICIPIO  
DE ALMOLOYA DE JUÁREZ, ESTADO DE  
MÉXICO”***

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
TOPÓGRAFO Y GEODESTA PRESENTA:

**LUIS EDUARDO REYES BALTAZAR**

**ASESOR DE TESIS**

**INGENIERO ADOLFO REYES PIZANO**



**MÉXICO, D. F.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/074/10



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Señor  
LUIS EDUARDO REYES BALTAZAR  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ADOLFO REYES PIZANO, que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

**"PROYECTO DE DRENAJE SANITARIO EN LA LOCALIDAD DE SANTA CRUZ, MUNICIPIO DE ALMOLOYA DE JUÁREZ, ESTADO DE MÉXICO"**

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. EQUIPO
- III. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
- IV. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO
- V. PROYECTO EJECUTIVO
- VI. EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y TENDIDO DE TUBERÍAS
- VII. 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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 29 de Julio del 2010.  
EL PRESIDENTE

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rodolfo Solís Ubaldo', enclosed within a hand-drawn oval.

ING. RODOLFO SOLÍS UBALDO

RSU/MTH\*gar.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco y dedico mi esfuerzo, trabajos y logros a Dios, por haberme dado la oportunidad de evolucionar en esta vida, permitiéndome conocer a personas muy importantes para mí.

A mis padres.

Por su amor, consejos, ayuda, preocupación y comprensión. Por estar siempre conmigo apoyándome en mis decisiones, por su ejemplo de esfuerzo, honradez y trabajo. Les agradezco por darme la gran oportunidad de estudiar y poder llegar hasta aquí. Los quiero mucho.

A mi esposa.

Por apoyarme en todos estos años de matrimonio, gracias por tu amor y por compartir este momento tan especial para mí.

A mis hermanas.

Karla, Lucero y Celeste, por brindarme su confianza, ejemplo y apoyo. Las admiro y las quiero mucho.

A mi tía.

Quetita, por darme su apoyo y dedicación durante los años que me permitió vivir con ella, pudiendo así, seguir estudiando.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por su alto nivel educativo, la cual me proporcionó conocimientos y valores que ahora puedo aplicar en mi vida diaria y laboral.

A mi director de tesis.

Ing. Adolfo Reyes Pizano, por su tiempo, apoyo, consejos y dedicación durante los años que me impartió clases, así como en la realización de este trabajo de tesis.

Agradezco a todas las personas que directa e indirectamente me permitieron realizar este logro.

**INTRODUCCIÓN.****I.- ANTECEDENTES.****1**

I.1 Estudios preliminares.

1

I.2 Situación Geográfica del Municipio.

1

I.3 Descripción de la localidad.

6

I.4 Situación actual del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario.

7

**II.- EQUIPO.****8**

II. 1 Descripción del Teodolito.

8

II. 2 Revisión.

8

II. 3 Ajustes.

9

II. 4 Descripción del Nivel.

14

II. 5 Revisión.

15

II. 6 Ajustes.

15

**III.- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.****19**

III.1 Disposiciones Generales.

19

III.2 Recopilación de Información.

21

III.3 Control Horizontal (planimetría).

22

III.4 Cálculo de Coordenadas.

25

III.5 Tolerancias para Levantamientos de Poligonales.

28

III.6 Control Vertical (altimetría).

29

III.7 Compensación de una Nivelación.

34

III.8 Errores y Precisión de una Nivelación.

35

III.9 Levantamientos Especiales.

39

III.10 Elaboración de Planos Topográficos.

39

III.11 Informe Final.

41

**IV COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO.****42**

IV.1 Atarjeas.

42

IV.2 Subcolectores.

42

IV.3 Colectores.

42

IV.4 Emisor.

43

IV.5 Tuberías.

43

IV.6 Estructuras.

46

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>V PROYECTO EJECUTIVO.</b>	<b>49</b>
V.1 Datos Básicos de Proyecto.	49
V.2 Población de Proyecto.	49
V.3 Dotación de Agua Potable.	50
V.4 Aportación de Aguas Negras.	51
V.5 Gasto Medio.	51
V.6 Gasto Mínimo.	52
V.7 Gasto Máximo Instantáneo.	53
V.8 Gasto Máximo Extraordinario.	53
V.9 Diámetro Mínimo.	54
V.10 Pendientes Mínimas.	54
V.11 Pendientes Máximas.	55
V.12 Profundidad e Instalación de Tuberías.	56
V.13 Ancho de Zanjas y Espesores de Cama.	56
V.14 Tipo de Tubería.	57
V.15 Transiciones, Conexiones, Cambios de Dirección Horizontal y Pendiente.	57
V.16 Estructura de Descarga y Red de Alcantarillado.	58
V. 17 Cálculo Hidráulico.	58
<b>VI. EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y TENDIDO DE TUBERÍAS.</b>	<b>61</b>
VI.1 Puntos de control para la excavación de zanjas.	61
VI.2 Excavación de zanjas de alcantarillado.	62
VI.3 Profundidad y Ancho de zanja.	64
VI.4 Relleno de zanjas.	65
VI.5 Puentes de referencia para el tendido de tuberías.	68
VI.6 El uso del tránsito para controlar el tendido de tuberías.	70
VI.7 Aplicación del laser para el tendido de tuberías.	70
<b>VII. CONCLUSIONES.</b>	<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>73</b>

## INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo de tesis se refiere a la elaboración y construcción del proyecto ejecutivo de alcantarillado sanitario de Santa Cruz, Municipio de Almoloya de Juárez, ya que autoridades municipales al no contar con esta infraestructura, solicitaron a la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) la elaboración del proyecto citado y asesoría técnica para su construcción, debido a que habitantes de esta localidad descargan sus aguas residuales sobre canales naturales a cielo abierto o en fosas sépticas, contaminando y provocando que se tengan malos olores y focos de infección. Por esta razón se abocó a la elaboración del presente proyecto, cuyo objetivo es mejorar las condiciones de este servicio a la población en estudio.

Para poder realizar de mejor manera un proyecto se deben de conocer los antecedentes de esta localidad, realizando para esto, estudios preliminares en donde podremos conocer la geografía, descripción y la situación actual de la localidad en cuanto a los servicios públicos con los que cuenta, pero principalmente con los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario así como los censos de población a beneficiar, ya que son parte importante para determinar, en base a la dotación de agua y a la población, los diámetros requeridos para el mejor funcionamiento del proyecto.

Ya que la topografía del lugar es la que determina los sitios de descarga, pendientes y cambios de dirección de las tuberías, es indispensable la realización de un estudio topográfico, con el que se podrá determinar elevaciones, longitudes y cobertura del proyecto. Dicho estudio debe realizarse con bastante cuidado ya que es la parte más importante del proyecto y es por eso que en este trabajo de tesis se describe el equipo utilizado por el ingeniero topógrafo, encargado de los trazos, quien desde luego, posee los conocimientos generales, en los que se refieren a los instrumentos y la manera de usarlos, teniendo la capacidad de realizar su revisión y ajuste para que esté en óptimas condiciones y minimizar los posibles errores.

Así también en este trabajo, se describen los lineamientos que marca la CAEM, para los levantamientos topográficos que se efectúen relacionados con los sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, dentro del control horizontal, control vertical, levantamientos especiales, tolerancias de las poligonales y elaboración de planos.

Otras de las cosas importantes que debemos considerar para la elaboración de un proyecto, es conocer los componentes de un sistema de alcantarillado, describiendo los más importantes en este trabajo, así también, se muestran los datos que deben contener los proyectos ejecutivos, tales como: los gastos, diámetros, pendientes, profundidad y ancho de zanjas, tipos de tubería, estructura de descarga y cálculos hidráulicos, necesarios para la construcción de la obra.

Por último se muestra en este trabajo, la manera de llevar los puntos de control para realizar las excavaciones de las zanjas, controlando, mediante el uso del tránsito, nivel y algunos instrumentos laser, la profundidad y ancho de estas, así mismo durante el tendido de las tuberías.

## **I. ANTECEDENTES.**

### **I.1 Estudios Preliminares.**

Las Autoridades Locales, solicitaron la elaboración del proyecto ejecutivo del sistema de alcantarillado sanitario de Sta. Cruz de San Francisco Tlalcilcalpan, Municipio de Almoloya de Juárez, razón por la cual, dentro de este apartado se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- a) Visita técnica para reconocimiento de la zona a servir y recopilación de información de la población, así como sitio de vertido.
- b) Censo de población efectuado por las Autoridades Locales

Dichas acciones son necesarias para verificar físicamente si es factible la realización del proyecto tomando en cuenta el costo-beneficio.

### **I. 2. Situación Geográfica del Municipio.**

El nombre que lleva el municipio de Almoloya de Juárez proviene del náhuatl, que es propiamente Almoloyan, compuesto de: atl, “agua”; molo “voz impersonal de moloni, manar la fuente” y yan, “lugar”; que significa “lugar donde mana la fuente de agua”.

#### **Localización**

El municipio se localiza en la región I Toluca, pertenece al XIV distrito judicial con sede en la capital del estado, al que corresponden los municipios de Toluca, Metepec, Temoaya, Villa Victoria y Zinacantepec.

Se localiza entre las coordenadas 19° 14' 20" y 19° 33' 01" de latitud norte y 99° 42' 07" y 99° 56' 13" de longitud oeste.

Almoloya de Juárez colinda con siete municipios: al norte con San Felipe del Progreso e Ixtlahuaca, al sur con Zinacantepec, al este con Toluca y Temoaya y al oeste con Villa Victoria y Amanalco de Becerra.





## **Extensión**

El municipio de Almoloya de Juárez está ubicado en la parte noroccidental del Estado de México, extensión que representa el 17.0% del total de la región; cuenta con una superficie de 483.8 kilómetros cuadrados; y en la entidad ocupa el 2.2% del territorio estatal, se encuentra a una altitud en la cabecera municipal de 2,600 metros sobre el nivel del mar.

## **Orografía**

El relieve del municipio es bastante irregular. En la parte suroeste se observa pendientes pronunciadas, el noroeste que forma parte del valle de Ixtlahuaca, cuenta con superficies planas, óptimas para el desarrollo de actividades agropecuarias.

## **Hidrografía**

La red hidrológica del municipio se integra por los afluentes naturales, manantiales, ríos y arroyos y la infraestructura hidráulica existente. Los cuerpos de agua se destinan al desarrollo de la actividad agropecuaria.

Los cuerpos de agua, fundamentales para el desarrollo de la agricultura y ganadería, abarcan una superficie de 1,137.7 hectáreas (2.35%) entre afluentes naturales, manantiales, ríos y arroyos, y la infraestructura existente compuesta de 191 bordos, y 3 presas.

En el municipio se encuentra la quinta parte de la superficie de cuerpos de agua de la región.

## **Clima**

Prevalece el clima templado subhúmedo, propicio para la producción de cereales, frutales y algunas hortalizas, se encuentran precipitaciones pluviales, fenómeno que se presenta entre tres y cuatro meses del año; la temperatura promedio oscila entre los 13.5° C y 30.1° C.

## **Principales Ecosistemas**

### *Flora*

Vegetación arbórea y frutales, en el municipio las principales especies de vegetación arbórea y frutal son: manzana, pera, ciruelo, nogal, capulín, sauce, cedro, trueno, pino, eucalipto, sauce llorón, ocote, oyamel, casuarina y tejocote.

Vegetación herbácea: Dentro de la vegetación herbácea las especies que existen son: quelite, huazontle, nabo, verdolaga, quintonil, malva, madre selva, helecho, pensamiento, musgos, hongos, perlilla, maguey y nopal.

### *Fauna*

La fauna que se puede observar dentro del municipio es la siguiente: conejo, ardilla, rata común, zorrillo, liebre, tórtola, zopilote, lechuza y gorrión.

### **Tenencia de la tierra**

La tenencia de la tierra en el municipio de Almoloya de Juárez se divide de la siguiente forma:

<b>Modalidad</b>	<b>Superficie total (Has.)</b>	<b>%</b>
Ejido	27,298.6	56.42
Comunal	149.5	0.30
Propiedad	20,931.9	43.28
<b>Total</b>	<b>48,380.0</b>	<b>100.00</b>

### **Vivienda**

Aún cuando hubo una disminución del 13% en las viviendas que en 1980 no tenían agua, en drenaje el déficit aumentó en 8 puntos porcentuales, aunque en el rubro de electricidad la disminución en la década fue casi el 50% al disminuir del 45.13% al 24.47% del total.

La información de los censos de 1980 y 1990 reflejan el bajo nivel de vida de los habitantes del municipio en cuanto a los servicios con que cuentan en sus viviendas y que nuevamente son superiores a los registrados en la media estatal.

### **Cobertura de servicios de la vivienda**

Viviendas	Sin agua	Sin drenaje	Sin energía
1980	58.07%	71.78%	45.13%
1990	45.32%	79.86%	24.47%

Con base en el estudio realizado se tiene que el 33 % de las construcciones son de tabique y el 67% de adobe.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 1995, el municipio cuenta en ese año con 17,258 viviendas en las que habitan en promedio 5.6 personas por vivienda.

### **Servicios Públicos**

De acuerdo a la información registrada en el censo mas reciente, se tiene que de las 14,710 viviendas habitadas, 8,093 el 55% disponen de agua entubada y 6,617 no cuentan con este servicio. Sólo la cabecera municipal tiene una cobertura cercana al 100%. De éstas, en 30 comunidades la cobertura está por encima del 50%, en 13 es superior al 10% pero menor del 50%. Así mismo, de las 29 comunidades restantes en las áreas rurales en 10 se ha iniciado el servicio entre el 5 y 9% de las viviendas, y en 19 comunidades con mayor dispersión no cuentan con el servicio.

Otros servicios con los que cuentan los habitantes del municipio son: tratamiento y saneamiento de aguas residuales, alumbrado, electrificación, panteones, jardines, limpia y seguridad pública entre otros.

### **Vías de Comunicación**

Carreteras y caminos. Estas tienen una longitud de 338.7 kms. distribuidos en vialidades principales, 151.1 kms. están pavimentadas, 110.6 kms. De vialidades secundarias y 77 kms. son caminos vecinales. Debido a la cercanía y ubicación del municipio con la capital del estado, por su territorio atraviesan las siguientes vialidades:

Carreteras federales pavimentadas: Carretera Toluca-Zitácuaro y autopista Toluca-Atlacomulco.

Carreteras estatales pavimentadas: Carretera-Valle de Bravo (por Amanalco) y carretera vialidad Adolfo López Mateos-Almoloya.

Estas vialidades permiten la comunicación intramunicipal e intermunicipal, que funcionan como vialidades primarias.

Vías férreas. El ferrocarril cruza una parte del territorio municipal (Mina México), infraestructura que no ha sido posible aprovecharla en beneficio de esta

zona por la falta de recursos, principalmente, pues es otro de los sitios que ofrecen posibilidades de proyectarse como corredor industrial en beneficio de los habitantes de la zona.

	Principales	Secundarias	Caminos	Total
Pavimentadas	24	46.2	--	70.2
Revestidas	127.1	64.4	77.0	268.5
Suma	151.1	110.6	77.0	338.7

En cuanto a transporte, existen algunas zonas con mínimo servicio de transporte de autobuses, como en la zona de Yebuciví, Arroyo Zarco y San Agustín Citlali y las comunidades aledañas a la carretera federal a Morelia.

La cabecera municipal y las localidades cercanas a las vías primarias gozan de un regular sistema de transporte, el resto tiene serios problemas, situación que favorece al servicio de taxis colectivos.

En lo referente a telecomunicaciones hay 14 áreas de apoyo al correo, de ellos uno es administración, 5 agencias y 8 expendios.

Existe una agencia de telégrafos y se dispone en la cabecera municipal, del servicio telefónico, además este servicio se tiene en: San Francisco Tlalcilcalpan, San Mateo Tlachichilpan, Santiaguito Tlalcilcalli, Cieneguillas de Guadalupe y la colonia del SUTEYM.

## **ACTIVIDAD ECONÓMICA**

### **Principales Sectores, Productos y Servicios**

#### *Agricultura*

La importancia de la actividad agropecuaria del municipio se refleja en que más del 60% de su superficie, se destinan a la producción del maíz principalmente; de éstas más del 97% son de temporal y sólo el 2.3% es de punta de riego, de las cuales con la Presa Ignacio Ramírez sólo riega la mitad, el 1.3%, otro de los cultivos importantes de esta entidad son la papa y el haba, así como los forrajes para el ganado.

#### *Ganadería*

Se consideran como zonas de mayor actividad ganadera a las localidades de: San Miguel Almoloya, Yebuciví, San Agustín Potejé, Mayorazgo de León, Mextepec, Tabernillas, Cieneguillas de Guadalupe y San Cristóbal; manejando principalmente el tipo de ganado bovino, ovino, caprino, porcino y aves.

### *Industria*

La industrial dentro del municipio de Almoloya de Juárez, está ubicada en la carretera Toluca-Zitácuaro en la Zona del Yukón, donde se ubican dos empresas de un tamaño considerable: la Papelera el Nevado y Gorostidi. Por otro lado, existen un total de 84 establecimientos entre la micro y pequeña industria, de éstos, 65 pertenecen al subsector; 36 son de productos minerales no metálicos de la rama y 3,611 se dedican a la alfarería y cerámica.

### **I. 3. Descripción de la Localidad.**

Santa Cruz de San Francisco Tlalcilcalpan, se localiza a 12 Km al poniente de la ciudad de Toluca, siendo su principal vía de acceso la carretera pavimentada que comunica la Cabecera Municipal de Zinacantepec con San Antonio Acahualco, comunicándose con esta mediante un camino de terrecería siendo el acceso al colegio Mexiquense de Cultura.

### **Localización Geográfica**

Sus coordenadas geográficas son, entre los 19° 15' 50" de latitud norte y 99° 45' 50" longitud oeste con relación al meridiano de Greenwich, la altura promedio es de 2,770.0 m.s.n.m.

### **Climatología**

El clima de la zona es semifrío, con lluvias frecuentes entre los meses de mayo a septiembre y escasamente el resto del año, presentándose temperaturas que van de los -2°C. mínima, 13.4° media y extrema de 30°C., con heladas considerables en época de invierno.

### **Demografía.**

De acuerdo al censo de población realizado por las Autoridades Locales en marzo del 2003, se tiene un total de 630 habitantes que incluyen 200 personas que laboran en el Colegio Mexiquense de Cultural.

## **Servicios Generales**

Santa. Cruz cuenta con el servicio de energía eléctrica, transporte colectivo, agua potable y caminos secundarios, siendo los únicos servicios disponibles.

## **Aspectos de la Localidad**

Es suburbana, con casas construidas con tabique y losas de concreto y muy pocas de adobe con techos de teja, encontrándose definida la traza y mancha urbana.

## **Perfil Económico**

El perfil económico se considera de clase económica baja, siendo su principal actividad económica la construcción, pequeños comercios, agricultura con cultivo de maíz y empleados de empresas foráneas.

### **I.4. Situación actual del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario.**

En lo que respecta al agua, cuentan con el servicio en forma irregular a partir de una línea de alimentación de San Antonio Acahualco perteneciente al municipio de Zinacantepec, por lo que para reforzar el suministro de agua potable se requiere la ampliación de la red de distribución de agua potable de San Francisco Tlalcilcalpan no siendo motivo del presente proyecto.

Por otro lado carecen del servicio de alcantarillado sanitario teniendo sus descargas en fosas sépticas y otros en zanjas a cielo abierto, ocasionando malos olores y posibles focos de contaminación, siendo necesario su entubamiento, motivo del presente proyecto.

## II.-EQUIPO.

### II. 1. Descripción del Teodolito.

El inventor del termino Teodolito fue Leonardo Digges y su descripción del instrumento fue publicada por su hijo Thomas en el siglo XVI, desde entonces, los ingenieros topógrafos ingleses concentraron su atención en el desarrollo del instrumento y alrededor de 1785, Ramsden produjo su famoso teodolito telescópico que fue utilizado en 1787 para la primer liga entre los sistemas de triangulación inglés y francés. Dado que el instrumento no contaba con círculo vertical, no se podían medir ángulos verticales. A principios del Siglo XIX se hicieron los instrumentos ya equipados con este círculo.

El teodolito recibe también el nombre de “instrumento universal” por la gran variedad de aplicaciones que de su uso se pueden obtener, básicamente sirve para medir y tomar ángulos horizontales en el plano horizontal, girando en torno al eje azimutal (vertical) y también ángulos verticales en el plano vertical girando en torno al eje de alturas (horizontal), también es utilizado para obtener desniveles y distancias, así como para prolongar alineaciones.



### II. 2. Revisión.

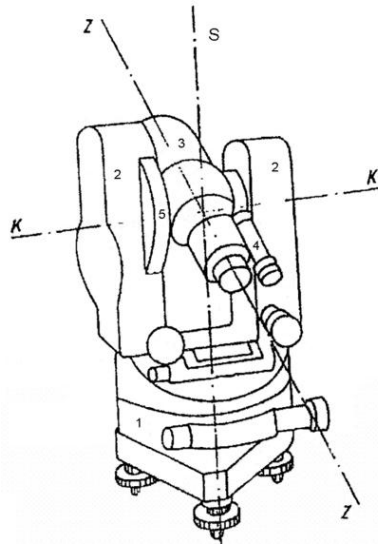
Para que los levantamientos topográficos a realizarse sean lo más precisos posibles es necesario que el teodolito cumpla con las siguientes condiciones:

El hilo vertical de la retícula debe de estar contenido en un plano perpendicular al eje de alturas o eje horizontal, de modo que cualquier punto de dicho hilo pueda ser utilizado para observar ángulos horizontales.

El eje de colimación o línea de mira debe ser perpendicular al eje de alturas o eje horizontal.

El eje horizontal o de alturas ha de ser perpendicular al eje vertical o azimutal.





Eje vertical S-S.  
 Eje horizontal K-K.  
 Eje de colimación Z-Z.

La burbuja del nivel del anteojo, debe quedar centrada cuando la línea de colimación sea horizontal, para que los ángulos verticales puedan medirse sin error de índice.

El círculo vertical debe de marcar cero cuando la línea de colimación sea perpendicular al eje azimutal.

El punto de intersección de los hilos reticulares debe verse en el centro del campo visual del ocular.

## II. 3. Ajustes.

Antes de realizar un ajuste a un tránsito o teodolito debe consultarse el manual de operaciones según el instrumento de que se trate.

Para las verificaciones y correcciones que implican el dirigir visuales con el anteojo hay que enfocar cuidadosamente tanto el ocular como el objetivo.

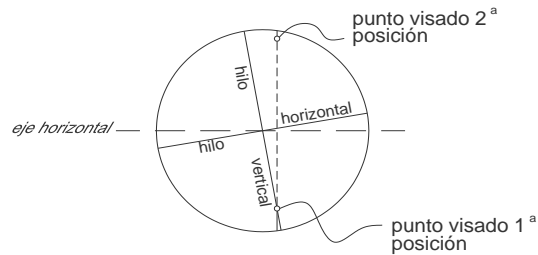
Las correcciones del teodolito están todas más o menos relacionadas entre sí dependiendo en gran parte una de otras, por lo que las correcciones que se hagan por primera vez a un instrumento pueden ser aproximadas y después se repiten estas en el mismo orden para afinar la corrección.

Las correcciones más comunes son:

**A.- Colocar el hilo vertical del retículo en un plano perpendicular al eje horizontal.**

Para esto se enfoca un punto bien definido, a más de 50 m. de distancia, de modo que el hilo vertical del retículo aparezca sobre dicho punto. Apretando los

tornillos de fijación horizontales se inclina un poco el anteojo, de manera que el punto visado recorra todo el hilo vertical del retículo; si durante todo el movimiento no se aparta el punto del hilo, este último se halla en un plano perpendicular al eje horizontal, pero si hay una separación del punto visado con el hilo vertical del retículo esta se debe corregir aflojando dos tornillos consecutivos y se gira el anillo reticular dentro del tubo del anteojo, hasta que el punto recorra el hilo vertical en toda su longitud, ya que se cumpla esta condición se vuelven a apretar los dos tornillos aflojados.

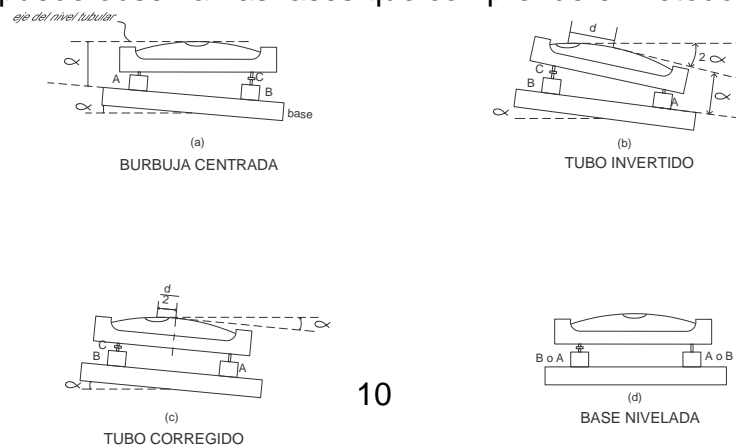


Para hacer esta prueba y corrección no es necesario que el instrumento esté nivelado.

**B.- Disponer la directriz de cada nivel de plataforma en un plano perpendicular al eje vertical.**

Si este ajuste es correcto la burbuja del nivel permanecerá centrada cuando el plato está horizontal. Para verificar esto se hace girar el teodolito alrededor del eje vertical hasta que cada nivel tubular quede paralelo a un par de tornillos nivelantes opuestos (en los aparatos con cuatro tornillos) o paralelo uno de ellos a dos tornillos nivelantes y el otro en la dirección del tercero ( en los de tres ). El instrumento se coloca y nivela tan precisamente como sea posible con la ayuda de las patas del trípode, se centran las burbujas por medio de los tornillos nivelantes y se da un giro de 180° a todo el instrumento alrededor de todo el eje vertical. Si las burbujas se desplazan, se hace que retrocedan la mitad de la distancia recorrida actuando sobre sus tornillos de corrección. Este es el método de inversión, que consiste en dar la vuelta al tubo, de modo que cada extremo ocupe la posición que antes ocupaba el otro, para lo cual se hace girar el nivel alrededor de un eje perpendicular al mismo tubo en su punto medio.

En la figura se puede observar las fases que comprende el método de inversión.



En (a) el nivel está descorregido en un ángulo  $\alpha$ , pero con la burbuja centrada; la base o soporte no está nivelada y la perpendicular a la misma no es vertical.

En (b) se ha invertido el nivel, de modo que los extremos han cambiado de posición entre sí (En el caso de tratarse de un nivel cuya base fuera solidaria a un eje vertical, se consigue el mismo resultado dando a la base un giro de  $180^\circ$  alrededor de dicho eje vertical.) En esta nueva posición el eje del nivel forma con la horizontal un ángulo de  $2\alpha$ , o sea el doble del error anterior.

En (c) se ha hecho que la burbuja recorra la mitad de la distancia que la separa del punto medio del tubo, para lo cual se accionó el tornillo C, sin mover para nada la base.

En la posición (d) se ha llevado la burbuja al centro del tubo, subiendo el extremo más bajo de la base (o bajando el más alto, o ambas cosas a la vez), de esta manera queda nivelada la base, lo que se comprueba invirtiendo de nuevo el nivel.

Si se quiere nivelar la base en la dirección del tubo, sin corregir este último, se procede como en (a) y (b) y después se sube el extremo más bajo de la base (o se baja el más alto o bien se simultanean ambos movimientos) hasta que la burbuja haya avanzado la mitad de la distancia que la separa del centro del nivel. Esta posición de la burbuja corresponde al error de montaje del tubo, pero la base queda así nivelada.

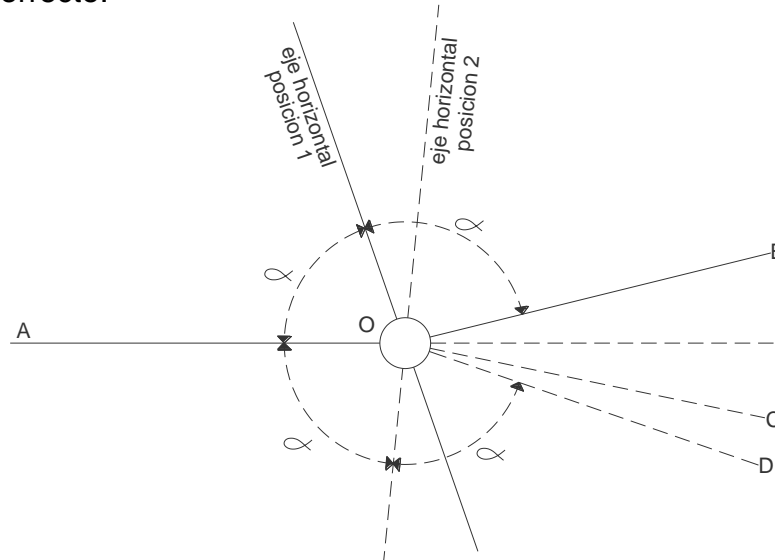
### **C.- Hacer que el eje de colimación sea perpendicular al eje horizontal.**

La línea visual que une el cruce de los hilos de la retícula con el centro óptico del objetivo debe estar en ángulo recto con el eje horizontal. Si el hilo vertical está desplazado hacia cualquier lado respecto a su posición correcta, la línea de colimación no estará perpendicular al eje horizontal. La línea trazaré un cono y no un plano si el ajuste no se realiza.

El instrumento se coloca y nivela en un terreno sensiblemente horizontal, en una posición tal que se tenga un campo visual de 100 a 150 m a ambos lados del instrumento.

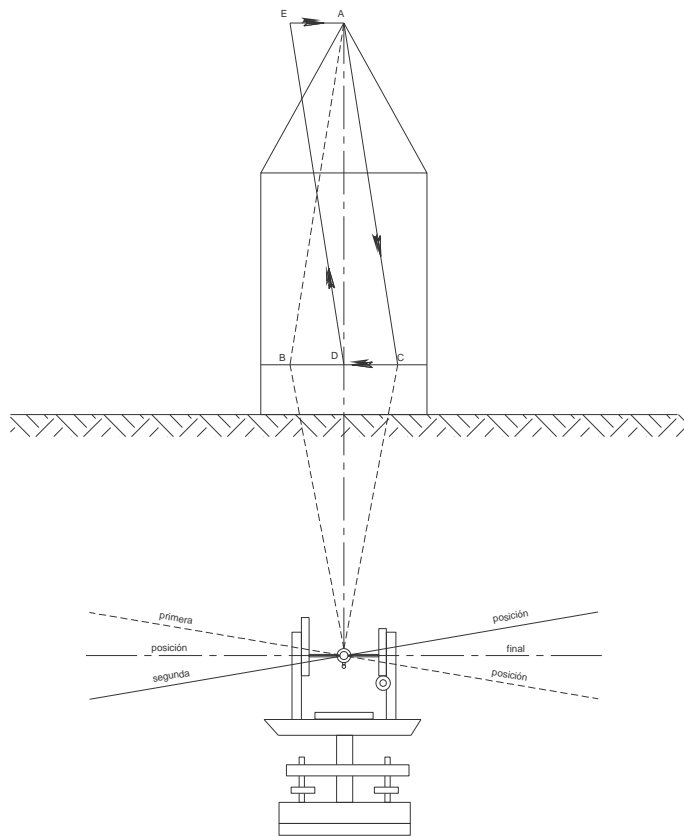
Se pone un objeto pequeño y agudo (por ejemplo una ficha) en A, a unos 100 o 150m de distancia, se dirige el telescopio en posición directa para hacer la mejor coincidencia con el cruce de los hilos. Con los tornillos de sujeción horizontales apretados, se da la vuelta de campana al anteojo y se toma un punto B, situado en esta visual y a la misma distancia aproximada que el A. Se suelta el tornillo superior de sujeción, se da un giro de  $180^\circ$  al anteojo alrededor del eje vertical y se vuelve a mirar hacia A (con el anteojo invertido); se aprieta el tornillo superior de sujeción y se da de nuevo la vuelta de campana al anteojo, si el punto B aparece en esta visual no se realiza ninguna corrección, pero si esta segunda

visual hacia B no pasa exactamente por este punto se toma otro punto C que este situado sobre dicha visual. Se toma un punto D, cuya distancia al C sea igual a la cuarta parte de la distancia que hay entre C y B y se corrige la posición del anillo reticular por medio de los dos tornillos horizontales opuestos de la retícula, hasta que la visual pase por D. El ajuste se repite tantas veces como sea necesario para que quede correcto.



#### **D.-Colocación del eje horizontal en ángulo recto con el eje vertical.**

El instrumento se centra y se nivela cerca de un edificio u otra construcción en el que haya un punto A en una posición tal que el telescopio pueda ser dirigido, con la línea de colimación inclinada  $45^\circ$  aproximadamente. Se mira el punto elevado A y estando apretados los tornillos de sujeción horizontal, se baja el anteojo hasta tomar un punto B en el suelo o a muy poca altura sobre el mismo. Se da la vuelta de campana al anteojo, se hace girar  $180^\circ$  el aparato alrededor del eje vertical y se mira de nuevo al punto A. Se baja otra vez el anteojo y si la visual vuelve a pasar otra vez por B, el eje horizontal es perpendicular al eje vertical. Si esta segunda visual no pasa por B, se toma un punto C que esté situado en ella a lado de B. El punto medio D de la distancia BC estará en un mismo plano vertical con A. Se mira hacia D, se alza el anteojo hasta que la visual pase cerca del punto A, mediante un tornillo de ajuste en uno de los soportes del eje de alturas se hace coincidir el hilo vertical con A.



### **E.-Ajuste del nivel del índice y el cero del círculo vertical.**

Una vez que el instrumento se ha colocado y nivelado el telescopio se apunta hacia una mira de nivelación fijada verticalmente y distante unos 50 o 60 m. Se centra la burbuja del nivel de índice con los tornillos opresores, colocando el telescopio (con manipulación conveniente del tornillo tangencial del círculo vertical) de modo que las lecturas de los vernieres sean cero sobre la escala vertical.

Se hace una lectura sobre la mira con el hilo medio si se cuenta con los tres hilos de estadia, se transita el telescopio y se apunta otra vez a la mira. La burbuja del nivel de índice es centrada con el tornillo opresor y se pone la lectura cero otra vez en el círculo vertical moviendo el telescopio según se requiera, se anota la lectura de la mira y, si las dos lecturas separadas coinciden, el ajuste es correcto. Si no, se deben llevar al mismo plano horizontal la lectura promedio y el eje de alturas. Para ello con el tornillo tangencial del círculo vertical se lleva el telescopio a la lectura promedio, por medio del tornillo opresor se coloca la lectura cero, al hacer esto se mueve el nivel de índice por lo que se vuelve a centrar la burbuja con sus correspondientes tornillos de ajuste.

La prueba se repite para eliminar todas las discrepancias tanto como sea posible.

Si la burbuja no permanece exactamente centrada para todos los ángulos verticales, es posible que se debe a excentricidad del eje del telescopio.

## II. 4. Descripción del nivel.

Un nivel consiste en un telescopio de alta potencia con un nivel de burbuja fijo en él de manera que al centrar la burbuja la línea de la visual es horizontal. La finalidad del telescopio es fijar la dirección de la línea de visual y amplificar el tamaño aparente de los objetos observados. La invención del telescopio se atribuye al holandés Hans Lippershey, especialista en óptica alrededor de 1607. Durante la época de colonización de los Estados Unidos, los telescopios eran demasiado grandes para utilizarse en la topografía práctica, por lo que no fueron empleados como parte de los instrumentos topográficos sino hasta fines del siglo XIX, incrementando enormemente la velocidad y precisión con las que pueden realizarse las mediciones. Estos telescopios cuentan con un hilo vertical en la retícula para visar los puntos y un hilo horizontal con el cual se hacen las lecturas en los estadales de nivelación. Adicionalmente, pueden contar con los hilos de estadia.

En la actualidad los niveles son pequeños, ligeros, muy precisos y de fácil estacionamiento y observación. Ordinariamente son de color claro para reducir al mínimo los efectos térmicos de los rayos solares. Apenas necesitan ajuste alguno en el trabajo de campo; van equipados con un nivel circular de alcohol para poder nivelarlos aproximadamente antes de ponerlos exactamente en estación. Su plataforma puede ser de tres tornillos o cuatro aunque algunos modelos llevan un dispositivo de rótula en vez de los tornillos nivelantes. El anteojo es de enfoque interno y las líneas de retículo y estadimétricas, están gravadas en una lámina de vidrio. Se pueden acoplar a un sistema de iluminación eléctrica para trabajos nocturnos. Algunos niveles van provistos de un micrómetro óptico, el cual hace subir o bajar la línea de mira sin alterar su dirección, con lo que es posible hacer las lecturas sobre las divisiones enteras de la mira. Algunos niveles están equipados con un círculo horizontal con divisiones sobre cristal, para observar las direcciones de modo aproximado.



## II. 5. Revisión.

Todos los niveles como todos los instrumentos topográficos necesitan ser comprobados y corregidos en campo de cuando en cuando.

Las condiciones que deben cumplir los niveles son las siguientes:

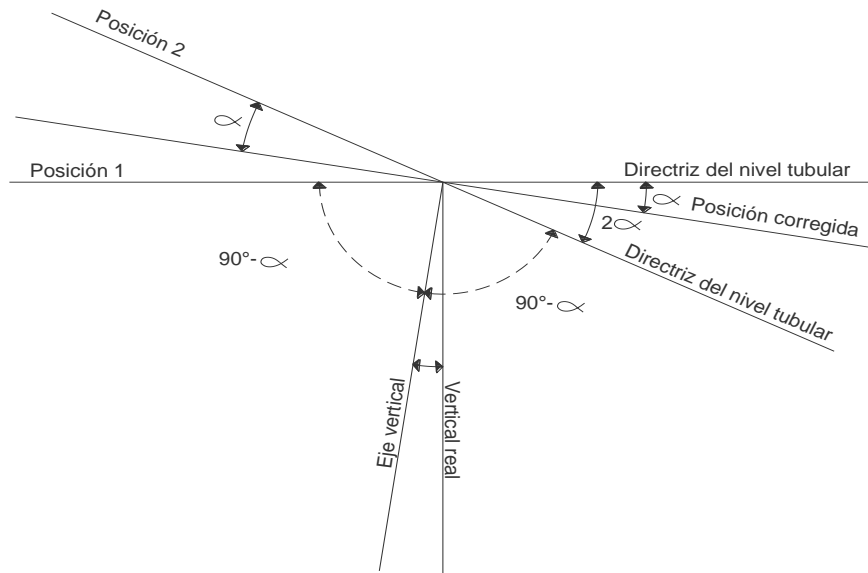
- 1.- El eje del nivel tubular ha de ser perpendicular al eje vertical del instrumento,
- 2.- El hilo horizontal del retículo debe estar en un plano perpendicular al eje vertical, de modo que quede en un plano horizontal cuando el instrumento esté nivelado.
- 3.- La línea de mira ha de ser paralela al eje del tubo del nivel. Los niveles más usados en su mayoría el eje óptico del antejo y el eje del tubo portaobjetivo son siempre perpendiculares, por construcción, al eje vertical, por lo cual no hay que preocuparse de la comprobación correspondiente.

## II. 6. Ajustes.

Las revisiones y correcciones que se requieren para que los niveles fijos cumplan con las condiciones antes citadas son:

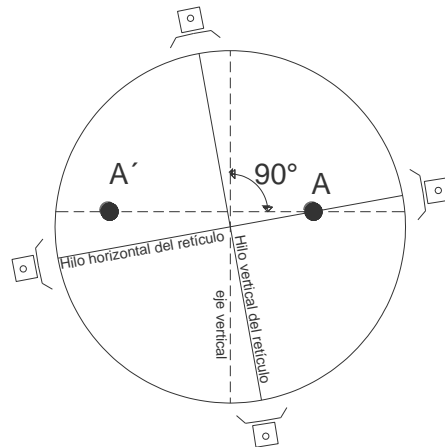
### **1° *Perpendicularidad entre la directriz del nivel tubular y el eje vertical.***

Se centra aproximadamente la burbuja con los tornillos nivelantes, después se centra con toda precisión sobre un par de tornillos nivelantes y se hace girar el instrumento  $180^\circ$  alrededor de su eje vertical. Si el nivel está corregido, la burbuja permanece calada. Si el nivel no está corregido, el corrimiento de la burbuja es igual al doble del error verdadero. Llamando  $90^\circ - \alpha$  al ángulo formado por el eje vertical y el del nivel tubular, al estar centrada la burbuja el eje vertical formará un ángulo  $\alpha$  con la verdadera vertical. Al dar la media vuelta al nivel, la burbuja correrá un arco cuyo ángulo en el centro será  $2\alpha$ . La corrección que hay que aplicar es un arco cuyo ángulo correspondiente es  $\alpha$ , y para ello se hace que la burbuja recorra la mitad de su distancia al punto medio del nivel por medio de los tornillos situados en uno de los extremos de este último. Se vuelve a nivelar el instrumento con los tornillos nivelantes y se repiten las operaciones hasta conseguir el calado permanente de la burbuja. Como comprobación final se ve si la burbuja está calada estando paralelo el nivel a un par de tornillos nivelantes y en posición perpendicular a la misma, o sea en dirección del tercer tornillo.



### **2° Perpendicularidad entre el hilo horizontal del retículo y el eje vertical.**

Se enfoca el hilo horizontal sobre un punto fijo, se hace girar muy despacio el instrumento alrededor de su eje vertical. Si el punto se aparta del hilo y se sitúa en la parte opuesta del campo visual, entonces se aflojan dos tornillos consecutivos y se gira el retículo hasta que en un nuevo ensayo se vea el punto correr el hilo en toda su longitud. Para hacer esta prueba y corrección no es necesario que el instrumento este nivelado.

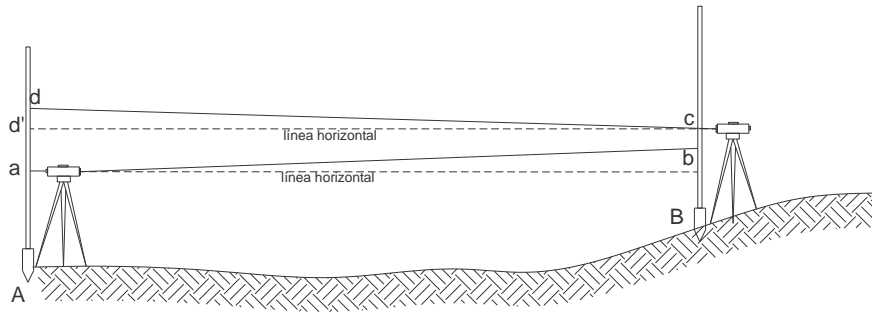


### **3° Paralelismo entre el eje de colimación del anteojo y el del nivel tubular.**

METODO I.- Se clavan dos estacas en el suelo, a distancias una de otra comprendida entre 60 y 90 m, procurando que el terreno sea aproximadamente horizontal. Se nivela el instrumento en una posición tal que el ocular quede a unos 12 mm o menos por delante de la mira situada sobre una de las estacas. Con la mira en A, se hace la lectura a mirando por el objetivo del anteojo (con el ocular casi tocando la mira). Los hilos del retículo no son visibles, pero el campo visual es tan reducido (unos 5 mm) que puede determinarse su centro con toda precisión colocando la punta de un lápiz sobre la mira.



Se lleva la mira sobre la otra estaca, la B, y se hace una lectura  $b$  desde A. Se lleva el instrumento a B y procediendo como en A, se toman las lecturas  $c$  y  $d$ .



Llamando  $e = d - d'$  al error del eje de colimación para la distancia AB, el verdadero desnivel, partiendo de las lecturas hechas desde A, será:

$$\text{Desnivel verdadero} = a - (b - e)$$

Y con las lecturas tomadas con el instrumento en B.

$$\text{Desnivel verdadero} = (d - e) - c$$

Sumando estas dos desigualdades y dividiéndolas entre 2 se tendrá:

$$\text{Desnivel verdadero} = ((a - b) + (d - c)) / 2$$

Donde se ve que la diferencia real de alturas es la media de la diferencia entre las lecturas de nivel hechas con el instrumento en A y la diferencia entre las tomadas con el instrumento en B.

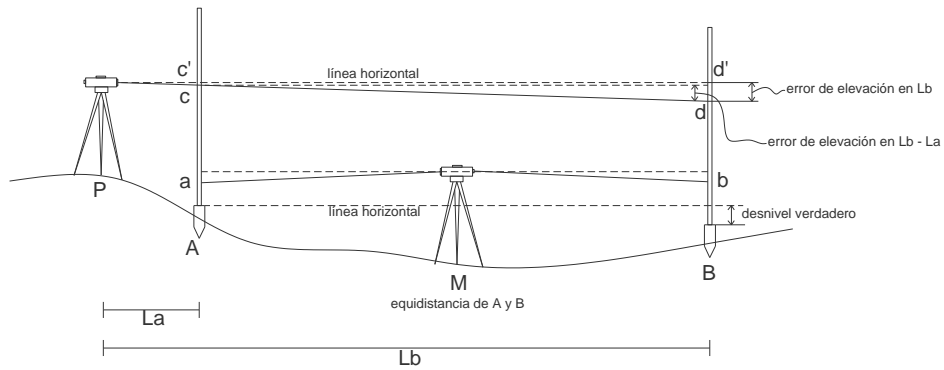
Si estas diferencias son iguales, es decir, si  $(a - b) = (d - c)$ , el eje de colimación está corregido. En caso contrario, la lectura corregida sobre la mira A, desde el punto B, es:

$$d' = c + ((a - b) + (d - c)) / 2$$

La corrección se lleva a cabo moviendo el retículo verticalmente hasta que la visual corte a la mira en  $d'$ . Se repite el procedimiento para comprobar la exactitud de la corrección.

**METODO II.-** se clavan dos estacas de 60 a 90 m de distancia entre sí, sobre terreno llano, se estaciona el instrumento en un punto M equidistante de A y de B, o sea situado sobre un plano vertical que pasa por el punto medio de AB.

Sobre A se hace la lectura  $a$  y sobre B la  $b$ ; el desnivel real entre A y B es  $(a - b)$ , ya que cualquier posible error será el mismo para las dos distancias iguales.



Se lleva a continuación el instrumento a un punto P, próximo al A, siendo preferible, aunque no necesario, que esté en la misma alineación AB; se mide las distancias  $L_a$  y  $L_b$  y se hacen las lecturas respectivas  $c$  y  $d$ . La diferencia  $(c - d)$ , tomada en el mismo sentido que antes dará el desnivel; si  $(c - d) = (a - b)$  el eje de colimación es paralelo al eje del nivel tubular. En caso contrario, la diferencia  $(c - d)$  se llama desnivel falso o aparente y la inclinación error de la visual para la distancia  $(L_a - L_b)$  es igual entonces a  $(a - b) - (c - d)$ ; para la lectura sobre la mira más distante este error será proporcionalmente

$$\frac{L_b}{L_b - L_a} [(a-b)-(c-d)]$$

Restando algebraicamente este error de la lectura  $d$  sobre la mira más alejada, se obtiene la lectura verdadera  $b'$  en B para la visual horizontal con el instrumento en P. Se coloca la tablilla a la altura  $d'$  y se dirige la visual a la tablilla moviendo verticalmente el retículo.

### III.- LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

#### III. 1. Disposiciones Generales.

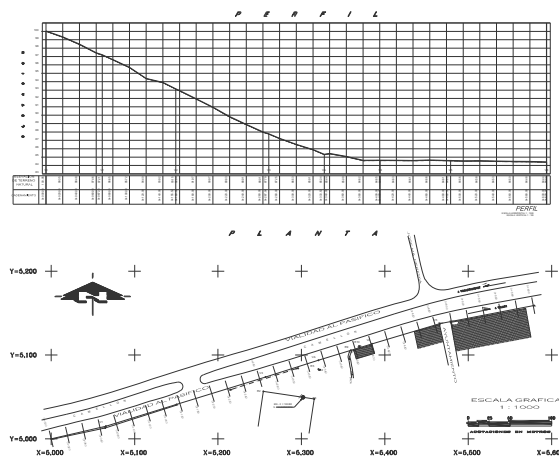
El levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones que tienen por objeto la determinación de la posición relativa de puntos en la superficie de la tierra; estas operaciones consisten, esencialmente, en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos, determinar ángulos entre alineaciones, hallar la orientación de estas alineaciones y situar puntos sobre el terreno, valiéndose de mediciones, tanto angulares como lineales.

Como complemento a los levantamientos topográficos se tiene el cálculo matemático, mediante el cual, con los datos que se obtuvieron directamente en campo se determinan distancias, ángulos, orientaciones, posiciones, áreas, alturas y volúmenes, mismos que se pueden representar gráficamente en forma de planos, diagramas, perfiles longitudinales y transversales, etc.

Los levantamientos topográficos básicamente están compuestos por:

*Planimetría*, es la parte que toma en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal, realizando para esto una poligonal o polígono, el cual es una línea quebrada de  $n$  lados obtenida con longitudes y direcciones en campo.

*Altimetría*, esta parte considera la diferencia de niveles existentes entre dos puntos de terreno.



Todo proyecto de obras públicas o privadas de cierta importancia como carreteras, edificios, redes de agua potable, drenajes o estructuras, comienzan invariablemente con las mediciones que se efectúan sobre el terreno, las cuales son indispensables para preparar los planos de la obra en cuestión.

Como se observa, el levantamiento topográfico es muy importante en gran parte de los proyectos de ingeniería, por lo que tienen que ser realizados con

mucho cuidado para obtener los datos en campo más aproximados a la realidad, ya que de ellos depende en gran medida el buen funcionamiento o resultado de un proyecto.

Uno de los lineamientos que marca la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), dice que los levantamientos topográficos que se efectúen con motivo de asuntos relacionados con los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario se deberán de realizar como a continuación se describe:

Para una localidad en particular se definirá cuales actividades se deben de realizar, dicha definición está en función del sistema que se proyecta, de la información disponible, del tipo de localidad y de las condiciones topográficas en la zona de estudio, entre otros.

Se deben llevar registros de los levantamientos en libreta de campo específicas para cada clase de trabajo, cuyas hojas deben foliarse. En las páginas del lado derecho se hacen los croquis y dibujos alusivos al levantamiento y en las del lado izquierdo, se hacen los asientos de los levantamientos, los asientos equivocados no deben borrarse, sino tacharse de modo que sigan siendo legibles y deben anotarse a un lado el asiento correcto.

Las anotaciones deben hacerse con lápiz de mina relativamente dura (2H o mediano, por ejemplo), para evitar el manchado de las hojas, causado por minas muy blandas, debe evitarse el uso del bolígrafo ya que la tinta se corre, si alguna vez la libreta se llega a mojar.

Se establecerá un control horizontal y otro vertical de los levantamientos que se realicen, como se indica a continuación.

- El control horizontal debe establecerse por la medición de distancias horizontales de los accidentes topográficos.
- Para el control vertical deberá definirse un banco de nivel referido al nivel medio del mar, cuya localización sea la más próxima a la zona de estudios.

Al terminar la etapa de campo se continúa en la etapa de procesamiento de planos, auxiliándose con las libretas de campo, que sirvieron de apoyo en el levantamiento topográfico.

Las libretas de campo se deben clasificar según el tema y en el orden en que fueron utilizadas en el campo, incluyendo en cada una de ellas el índice de su contenido.

### III.2. Recopilación de Información

Para la elaboración de los levantamientos topográficos, se debe recabar previamente la información cartográfica, fotogramétrica y topográfica existente sobre el área en estudio.

La información mínima que se debe recopilar es la cartografía, editada por las dependencias y entidades de la federación (INEGI, SEDENA, CONAGUA, etc.) y gobiernos estatales.

De existir levantamientos topográficos anteriores de la zona en estudio, se analiza la información para determinar la posibilidad de utilizarlos, actualizarlos o complementarlos, según sea el caso.

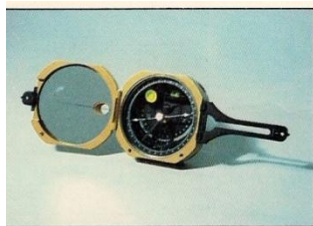
Cuando exista topografía de áreas vecinas, se establecen los puntos de liga con respecto a la nueva área de estudio, lo mismos deben ser referenciados.

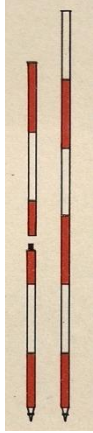
La mayoría de los municipios en los que se realizan proyectos ejecutivos de drenaje y agua potable por parte de la Gerencia Regional Toluca, perteneciente a la Comisión del Agua del Estado de México, son comunidades rurales o suburbanas presentando bajo nivel socioeconómico y carencias de todo tipo, por lo que los sistemas de agua potable y alcantarillado, acordes con las características de la comunidad, deben ser prácticos, económicos y sencillos.

Considerando lo anterior, cuando se trate de levantamientos topográficos en comunidades rurales, es recomendable que las especificaciones antes mencionadas se apliquen en la forma más simple posible, utilizando fundamentalmente el criterio del ingeniero para incluir en el levantamiento solamente lo indispensable.

Los levantamientos que se realizan en la Gerencia Regional Toluca se llevan a cabo con los siguientes instrumentos y equipo.

- Brújula
- Cinta métrica con longitud mínima de 20m.
- Baliza de 2.0 m. de largo
- Estadal de 4m. de largo
- Estacas de madera de 5x5 cm. de sección y 25 cm. de longitud, terminando uno de sus extremos en cuña
- Trompos de madera
- Teodolito, Nivel fijo y de mano





### III. 3 Control Horizontal (planimetría)

Con objeto de comprobar la alternativa de trazo del eje de un conducto (línea de conducción, colector, emisor, etc.), que sea seleccionada previamente en gabinete con el apoyo de la información cartográfica existente, se debe llevar a cabo un reconocimiento de campo, haciendo las modificaciones pertinentes de acuerdo con los obstáculos, características del suelo, relieve y tenencia de la tierra en la zona.

En general se procura que los trazos se ubiquen por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctrica y ferrocarriles, veredas y límites de predios.

El origen de las coordenadas “X, Y” del trazo de apoyo o poligonal auxiliar, que permite definir el eje del conducto, debe referirse a coordenadas cartesianas determinadas por el posicionamiento geográfico de un punto mediante transmisiones radiales provenientes de satélites artificiales, tomando como base un receptor (GPS), o por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); en casos extraordinarios, cuando lo anterior no sea posible, se pueden utilizar medios gráficos tomados sobre cartas editadas por alguna dependencia oficial, indicándolo en las notas de los planos respectivos y en casos especiales se utilizaran coordenadas arbitrarias.

#### Brecheo

Donde sea necesario, se debe ejecutar la actividad de brecheo con el ancho necesario, el cual usualmente varía entre 1.5 y 2.0 m., con la finalidad de realizar satisfactoriamente el trazo de apoyo.

Para efectos de clasificación de la vegetación del terreno, se debe considerar:

- Monte ligero. Arbustos, pastizales y en general, vegetación con características semejantes.

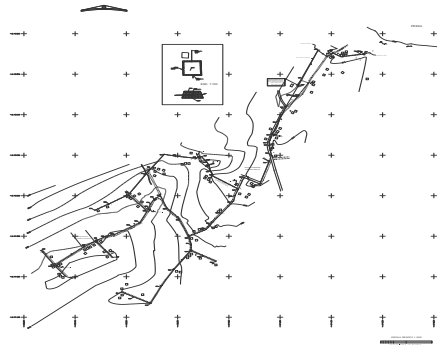
- Monte mediano. Árboles frutales, platanales y en general, árboles entre 3 y 8 m. de altura.
- Monte pesado. Bosque cerrado de coníferas, cocotales y todos los árboles de gran altura.

## Monumentación

La monumentación de los vértices y puntos importantes del trazo de apoyo, deben quedar bien referenciados con puntos fijos de la zona como son: bases de torres de transmisión, estribos de puentes, o con estacas situadas en lugares fijos y seguros, fácilmente identificables y fuera del ancho de la franja a seccionar y se determinan con ángulos y distancias.

## Poligonales abiertas

Son una serie de líneas consecutivas, que se conectan a una serie de puntos fijos, las cuales no regresan al punto de partida.



Una vez localizada la línea de trazo de apoyo y establecidos los puntos de partida y banco de nivel, se realiza el trazo mediante una poligonal abierta, de acuerdo con el método de ángulos horizontales. En este caso se utiliza teodolito con lectura directa a 20" (veinte segundos). Y se cadenea con una cinta de 50m. para obtener las distancias. Se colocan trompos a cada 20 m. que sirven de apoyo para realizar posteriormente la nivelación del perfil y las secciones transversales.

Si por las condiciones del terreno no fuera posible medir tramos de 20 m. completos, se puede utilizar el procedimiento de cinta cortada, midiendo tramos horizontales parciales, según lo permitan las condiciones del terreno y hasta completar los 20 m. antes citados, pero nunca se deben emplear métodos indirectos.

Se deben levantar los cruces como ríos, líneas de alta tensión, puentes, caminos, construcciones, linderos de propiedades privadas, oleoductos, tuberías de agua potable, alcantarillado, ductos telefónicos y todos los sitios relevantes.





## **Método de radiaciones.**

Este método es muy ventajoso desde el punto de vista de la economía de tiempo en campo.

Se pone en estación el teodolito en un punto conveniente, desde el cual puedan verse todos los puntos que interesan situarse. Se mide la distancia de la estación a cada punto y se observa el ángulo horizontal correspondiente.

Este método es excelente cuando solo se trata de situar los puntos, como ocurre para la confección de planos. Pero hay que recurrir a cálculos trigonométricos cuando se ha de determinar la longitud y acimutes de otras alineaciones sobre el terreno.

## **III. 4. Cálculo de Coordenadas.**

Antes de realizar el cálculo de las coordenadas se debe de verificar que tanto el cierre angular como el lineal estén dentro de la tolerancia para ver si el trabajo se efectuó correcta o incorrectamente y así compensar el error de cierre o repetir el trabajo.

**Cierre angular.-** Los valores de los ángulos observados en una poligonal se comprueban mediante propiedades geométricas. El error total angular se reparte entre los ángulos o rumbos calculados de la poligonal, antes de calcular las latitudes y longitudes.

El error total angular es el resultado de los errores accidentales y sistemáticos cometidos en la observación de la poligonal. La compensación angular elimina los efectos de todos los errores sistemáticos en tanto hayan sido constantes y de igual efecto sobre cada ángulo medido.

Para un polígono cerrado con ángulos internos, se debe de cumplir la condición:

$$\text{ángulos internos} = 180^\circ (n-2)$$

$$\text{ángulos externos} = 180^\circ (n+2)$$

**Cierre lineal.-** La condición para que un polígono cierre linealmente es que la suma algebraica de las proyecciones de sus lados sobre dos de sus ejes rectangulares sea nula.

Una vez verificado los cierres lineal y angular se efectúa el cálculo de coordenadas empleando con mayor frecuencia, el método de las coordenadas rectangulares, conocido también con el nombre de las latitudes y longitudes absolutas.



Como la latitud de un lado es la proyección ortogonal del mismo sobre un meridiano, la latitud de AB será  $A'B' = Ab = AB \cos \alpha$ .

Y por ser la longitud de un lado su proyección ortogonal sobre un paralelo, la longitud de AB será  $A''B'' = Aa = AB \sin \alpha$ .

Por lo tanto, para una línea cualquiera se tiene:

LATITUD = distancia X coseno del rumbo.

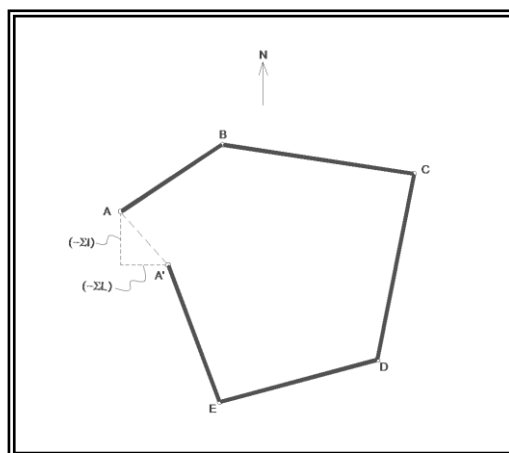
LONGITUD = distancia X seno del rumbo.

Las latitudes se dice que son Norte o positivas cuando su rumbo o dirección es hacia el Norte, y Sur o negativas cuando lo son hacia el sur. Las longitudes son Este o positivas cuando los lados están dirigidos hacia el Este, y Oeste o negativas cuando los lados están dirigidos hacia el Oeste.

En toda poligonal cerrada la suma de las latitudes Norte ha de ser igual a la suma de las latitudes Sur, y la suma de las longitudes Este, tienen que ser iguales a la suma de las longitudes Oeste.

A causa de los errores en la medición en campo de ángulos y distancias, lo normal es que una poligonal no compensada no cierre en el desarrollo, aun cuando este último se haya hecho correctamente.

Para que la suma algebraica de las latitudes por una parte y la de las longitudes por otra sean igual a cero, la latitud del error lineal deberá ser  $-\Sigma l$ , y su longitud  $-\Sigma L$ , teniendo como error lineal:



$$e = ( (\Sigma l)^2 + (\Sigma L)^2 )^{1/2}$$

y su dirección será

$$\text{tg} = ( (-\Sigma L) / (-\Sigma l) )$$

Una vez hallado el error de cierre, se hacen las correcciones adecuadas para que las poligonales sean figuras matemáticamente cerradas y se aplican las correcciones debidas a las latitudes y longitudes para que las respectivas sumas algebraicas sean igual a cero. A esta operación se le llama compensación de la poligonal y se lleva a cabo no solo antes del cálculo de coordenadas, sino también en el cálculo de superficies.

En algunas poligonales, sobre terreno más o menos accidentado, el error de medición con cinta de sus lados es natural que pueda ser bastante grande; por tanto, también será grande la corrección que hay que aplicar a las distancias observadas. Cuando las visuales son muy inclinadas o cortas y cuando la visibilidad es defectuosa pueden esperarse errores angulares más grandes que en condiciones normales.

### **III. 5. Tolerancias para Levantamiento de Poligonales.**

Las tolerancias son los errores máximos admisibles en condiciones comunes de trabajo.

El levantamiento topográfico de un terreno consiste: 1.- en establecer sobre toda su extensión las redes de apoyo horizontal y vertical, constituidas por puntos representativos relacionados entre sí por mediciones de precisión relativamente alta y 2.- en situar todos los detalles que interesen incluyendo los puntos antes citados, mediante mediciones de menor precisión.

Los levantamientos topográficos pueden ser dibujados a diferentes escalas:  
Escala grande: 1/1000 o menos  
Escala mediana: 1/1000 a 1/10 000  
Escala reducida: 1/10 000 o más

Tomando en cuenta lo anterior, los levantamientos topográficos que por lo general se utilizan más para la elaboración de proyectos de agua y drenaje son:

1.- Levantamientos preliminares son utilizados como guía para levantamientos posteriores, para dibujar a escala mediana y en donde el valor del terreno es bajo, estos son medidos con ángulos al minuto y con las siguientes tolerancias:

Tolerancia lineal: 1 a 1000  
Tolerancia angular:  $1 \frac{1}{2}' n$   
En donde n es el número de ángulos del polígono

2.- Levantamientos con precisión suficiente para trabajos en poblaciones o en linderos importantes, en donde el valor de terreno es alto, o para control de otros levantamientos extensos.

Los ángulos son medidos tres veces como mínimo, las visuales son tomadas al hilo de la plomada o a señales cuidadosamente plomeadas y con las siguientes tolerancias:

Tolerancia lineal: 1 a 5000

Tolerancia angular:  $30''/n$

En donde n es el número de ángulos del polígono

### **III. 6. Control Vertical (altimetría).**

La nivelación es el procedimiento que se aplica para determinar la elevación de puntos situados sobre la superficie terrestre, o la comparación entre ellas, ya que la elevación de un punto solo puede establecerse con la relación a otro punto o un plano.

El nivel de referencia más comúnmente usado es el nivel medio del mar, el cual, fue determinado en Inglaterra, a partir de observaciones horarias del nivel del mar en un periodo de seis años desde el primero de mayo de 1915. A este nivel se le llama Datum Ordnance y es el que normalmente se usa, aun cuando en pequeños trabajos se puede seleccionar un datum arbitrario.

El equipo básico que se requiere en nivelación es:

Un instrumento que dé una línea realmente horizontal (Nivel)

Una regla graduada útil para lecturas verticales (Mira o Estadal)

El instrumento de nivelación debe ser tal que su eje longitudinal forme un ángulo recto con la dirección de la gravedad, siendo entonces horizontal la línea de vista si el instrumento está ajustado correctamente.

Las miras usadas en trabajos ordinarios de nivelación son seccionales y se ensamblan ya sea telescópicamente o mediante uniones abatibles que se unen verticalmente. La mayoría de los diseños modernos se hacen con aleaciones de aluminio, aun cuando todavía existen miras de caoba, la longitud de las miras debe ser 3m, 4m o 5m, deben de tener marcas de graduación de 10 mm espaciados a intervalos de 10mm; las primeras tres marcas de cada intervalo de 100mm están conectadas por una línea vertical para formar una E normal o invertida. De esta forma, los intervalos de 50mm o 100mm se identifican por estas figuras. El primer metro se pinta de negro sobre fondo blanco, el siguiente de rojo y así sucesivamente. Por lo general para colocar la mira realmente vertical, se le incorpora un pequeño nivel circular de burbuja y un par de asas.

Debido a la curvatura de la Tierra y al fenómeno de refracción o desviación de la luz, la trayectoria de los rayos luminosos se apartan tanto del plano horizontal como de la superficie de nivel. Para una distancia de 100m la corrección es de menos de 1mm en desnivel. En cualquier nivelación en que la visual es más o menos larga la lectura del estadal está sujeta a una corrección. La fórmula para la corrección correspondiente a curvatura y refracción es:

$$H' = 0.068 k^2$$

En donde  $H'$  = error o efecto combinado de la curvatura terrestre y la refracción atmosférica en metros.

$K$  = distancia desde el punto de tangencia al observador, en kilómetros.

El efecto de la curvatura terrestre es  $0.078k^2$  y de la refracción, de  $0.010 k^2$ , pero de sentido contrario al primero.

Los desniveles se pueden medir de los modos siguientes:

*Nivelación directa, geométrica o por alturas*, que consiste en medir directamente distancias verticales (alturas). Este es el método más preciso y el más empleado para la determinación de alturas.

*Nivelación indirecta, trigonométrica o por pendientes*, fundada en la medición de ángulos verticales y distancias horizontales.

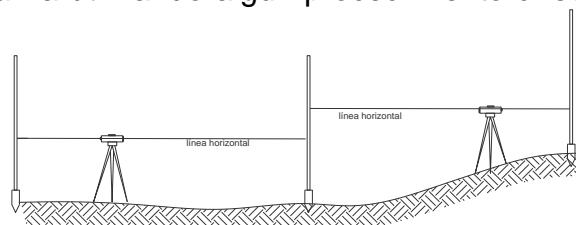
*Nivelación barométrica*, en la que se mide la diferencia de presión en varias estaciones mediante observaciones barométricas.

Las nivelaciones se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Directa
- Indirecta
- Diferencial
- De perfil
- Compuesta
- De precisión
- Nivelación de secciones transversales

### **Nivelación directa.**

Es la que se realiza utilizando algún procedimiento directo en campo como un equialtímetro



### **Nivelación indirecta.**

Procedimiento mediante el cual se determina el desnivel de dos o más puntos usando otros instrumentos, como el teodolito, tránsito, estación total, altímetro, aneróide o barómetro.

### **Nivelación diferencial**

La nivelación diferencial se utiliza para obtener niveles entre dos o más puntos sin tomar en cuenta distancias y sirve principalmente para:

- Correr la nivelación de un banco de nivel conocido a otro en el área de estudio.
- Ligar bancos de nivel en forma local.
- Comprobar alguna nivelación.
- Dar niveles a vértices de la poligonal.
- Configurar un área determinada.

En los trabajos de nivelación diferencial, la distancia entre el nivel fijo y el estadal no debe ser mayor de 100 m, y la tolerancia aceptada debe cumplir con:

$$T = 0.01k$$

En esta dependencia, por lo general, es el tipo de nivelación que se emplea, obteniendo niveles de estaciones a cada 20 m cuando se realizan levantamientos para drenaje y a cada 100 m cuando son para agua potable.

### **Nivelación de perfil.**

Esta nivelación tiene por objeto apreciar con claridad todos los accidentes topográficos por los que atraviesa la línea de trazo, la nivelación de perfil debe tomar con precisión las elevaciones sobre el nivel medio del mar, de todos los vértices y trompos que se ubican a cada 20 m o 100 m sobre la línea de trazo y de todos aquellos puntos que tengan cambios bruscos de pendiente.

### **Nivelación compuesta**

Es la operación para determinar desniveles entre puntos lo bastante alejados entre sí para que sea necesario hacer varias estaciones con el instrumento a lo largo de uno o varios itinerarios, llamados estos, puntos de liga (PL); en cada estación hay que hacer una lectura hacia atrás, llamada nivel de espalda sobre la mira situada en un punto de cota conocida y otra hacia delante (nivel de frente) con la mira en un punto de altura desconocida. El desnivel entre

dos puntos se determina repitiéndose el procedimiento antes explicado, llevando la nivelación por la mejor ruta posible hasta llegar al punto final.

### **Nivelación de precisión**

Para este tipo de nivelación se deben emplear miras construidas de tal modo, y con materiales tales, que no puedan dilatarse ni contraerse, las miras deben llevar un nivel para poderlas colocar verticalmente. Los puntos de liga o de cambio deben de estar situados sobre objetos fijos de cabeza redondeada, para que la mira no cambie posición al darle la vuelta para hacer las lecturas al frente y de espalada. El anteojo del nivel debe llevar hilos estadimétricos en el retículo, además de la cruz filar. Conviene que el nivel sea de anteojo y nivel fijo, con espejo en el nivel tubular, para que se pueda ver la burbuja al tiempo de leer la mira. El trípode ha de estar apoyado firmemente sobre el suelo para evitar movimientos anormales. Para eliminar lo más posible los efectos de cualquier cambio en la refracción atmosférica, así como de algún movimiento del trípode o de una desviación de la burbuja, deben de hacerse las dos lecturas, de espalda y de frente con el menor intervalo de tiempo posible. Las distancias de las dos lecturas deben de medirse con estadía o clisímetro o en su defecto, a pasos. En las lecturas estadimétricas se utilizan los tres hilos horizontales del retículo, para poder apreciar el doble milímetro, anotando las tres lecturas y después se toma como lectura verdadera la media de las tres. La diferencia entre las lecturas del hilo superior y del inferior mide la distancia del instrumento a la mira.

### **Nivelación de secciones transversales.**

Para obtener la configuración del terreno, se aplica el procedimiento terrestre directo con secciones transversales. Habiendo nivelado los trompos a cada 20 m con el nivel fijo, posteriormente se procede al levantamiento de las secciones, con nivel de mano, estadal y cinta.

El ancho de la franja por levantar usualmente es de 50 m; es decir, 25 m a cada lado de la línea de trazo, éstas dimensiones pueden variar, pero siempre deben cubrir el área requerida, de acuerdo con las características del proyecto y de cada sitio en especial.

Estas secciones deben ser normales, es decir, perpendiculares a la línea de trazo.

Las secciones transversales deben de estar apoyadas en las cotas del perfil de la línea, que fueron determinadas a cada 20 m con nivel fijo.

Con la nivelación de perfil de la línea y el seccionamiento que se realice en el trazo de apoyo, se configura una franja que cubra el área necesaria, con curvas de nivel equidistantes a cada metro o menos dependiendo de lo accidentado de dicha franja.



Si se requiere, se hace brecheo o picadura en los sitios donde haya que levantar secciones transversales. La picadura se diferencia del brecheo de que el ancho y el cuidado en la limpieza de la brecha es mucho menor.

### **Bancos de nivel**

Con respecto a los bancos de nivel, estos deben quedar perfectamente localizados e identificados. Se debe presentar una relación donde se indique la siguiente información:

- Número del banco
- Elevación
- Ubicación con respecto a la línea de trazo (kilometraje)
- Distancia al eje del trazo
- Lado en que se ubica (derecho o izquierdo)
- Tipo de banco establecido (monumento u objeto físico, indicando sus características)



Con objeto de lograr la identificación plena de los bancos de nivel, se deben anexar fotografías de éstos.

Para obtener la elevación de un B.N., la nivelación debe hacerse por algunos de los siguientes métodos:

- Nivelación de ida y vuelta
- Método de doble altura de aparato
- Método de doble lectura

Para poligonales abiertas o cerradas, la tolerancia en la nivelación se da por la expresión:

$$T = 0.01 k$$

Donde:

T = tolerancia en metros  
k = desarrollo de la nivelación en Km

Debe garantizarse que los bancos de nivel permanezcan fijos.

Todos los bancos de nivel deben quedar ubicados fuera de la zona futura de trabajo.

### **Monumentación.**

En todo el trayecto de una línea se deben de monumentar bancos de nivel a cada 500 m.

No se aceptaran bancos colocados en árboles, postes o sitios que se puedan mover.

La monumentación de los bancos de nivel debe de hacerse con mojoneras de concreto pre coladas de una altura de 40cm, y dos caras cuadradas, la inferior de 20 por 20 cm y la superior de 15 por 15cm. En el centro de la cara superior de la mojonera debe de *colocarse una varilla de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro con punta de bala.*

Al excavar e hincar la mojonera, se debe de apisonar el fondo y después el relleno, dejando sobresalir la mojonera de 10 a 15 cm. sobre el nivel del terreno. Se deberá colocar primero las mojoneras y después hacer las mediciones.

### **III.7. Compensación de una Nivelación.**

Cuando se realiza una nivelación, y se determina la magnitud del error al compararla con las tolerancias establecidas, se determina si se puede compensar dicha nivelación o se vuelve a repetir.

Cuando el itinerario de nivelación es cerrado, la cota resultante para el punto final, que es el mismo inicial, puede que no coincida con la cota propia de este punto. La diferencia entre estos dos valores de la cota del punto inicial es el error verdadero y se llama error de cierre. Las cotas de los puntos intermedios, pueden ser también erróneas y aquí surge el problema de hallar el error probable.

Las causas principales de error son accidentales, desprendiéndose entonces que el error probable varía como la raíz cuadrada del número de estaciones. En la corrección de las cotas es suficiente suponer que el número de estaciones por kilómetro es el mismo para una parte del itinerario que para cualquiera otra y por tanto, que el error probable varía como la raíz cuadrada de la distancia. Puesto que estas correcciones son proporcionales al cuadrado de los errores probables se deduce que la corrección que debe aplicarse a la cota observada de un punto permanente será directamente proporcional a la distancia entre dicho punto y el inicial. Es decir que si  $E_c$  es el error de cierre de una longitud  $L$  y  $C_a, C_b, \dots, C_n$ , son las correcciones respectivas que hay que aplicar

a las cotas observadas de los puntos permanentes  $A, B, \dots, N$ , cuyas correspondientes distancias al punto inicial son  $a, b, \dots, n$ , se tendrá:

$$C_a = -(a/L)E_c ; \quad C_b = -(b/L)E_c ; \dots ; \text{y } C_n = -(n/L)E_c$$

Estas correcciones, restadas de las correspondientes cotas observadas, dan las cotas corregidas, hay que tener en cuenta que cuando el error de cierre es positivo todas las correcciones han de restarse y al contrario.

Si se desea, las correcciones se pueden hacer directamente proporcionales al número de estaciones en lugar de a la distancia.

### **III.8 Errores y Precisión de una Nivelación.**

Los principales errores por lo general son cometidos por el operador o por incorrecciones de los instrumentos cuando éstos no son revisados y ajustados antes de iniciar los trabajos, pero por lo general, los errores que pueden cometerse en las nivelaciones obedecen a alguna siguiente causa:

*Descorrección del instrumento.* La única condición que ha de llenar el equialtímetro es que el eje de colimación del anteojo sea perpendicular con la dirección de la gravedad, la falta de esta condición ocasiona un error sistemático, en virtud del cual, aunque la burbuja esté exactamente centrada, la línea de mira estará siempre inclinada hacia arriba o hacia abajo, por lo que el error de lectura de mira será proporcional a la distancia entre el nivel y la mira y que para una distancia dada será igual en magnitud y signo para las visuales de espalda que para las de frente; puesto que las lecturas de espalda se suman y las de frente se restan, es natural que el error en altura será eliminado cuando entre los puntos extremos la suma de las distancias de espalda sea igual a la suma de las de frente. Inversamente, se cometerá un error en tanto estas distancias no sean entre sí iguales.

El efecto de una corrección defectuosa del instrumento se reduce al mínimo corrigiendo este cuidadosamente y tomando las distancias de frente iguales a las de espalda.

*Paralaje.* El error procedente de esta causa es de carácter accidental, quedando casi eliminado cuando se hace el enfoque con cuidado.

*Curvatura terrestre.* Este error debe de ser tenido en cuenta cuando las visuales de espalda son mucho más largas que las de frente, o al contrario, se produce un error apreciable, sobre todo si las visuales son de gran longitud. El efecto es el mismo que el debido a la inclinación de la línea de mira del anteojo. El error varía proporcionalmente al cuadrado de la distancia entre el nivel y la mira, por lo cual no se elimina con solo igualar la suma de las visuales de espalda con las de frente, sino procurando que cada visual de espalda se igual a su correspondiente frente.

*Refracción atmosférica.* El efecto de la refracción atmosférica varía en función directa del cuadrado de la distancia, siendo de signo contrario al originado por la curvatura terrestre. Este error aumenta de modo notable su efecto cuando la visual pasa muy cerca del suelo. En las nivelaciones corrientes este error es despreciable; en las de precisión puede reducirse al mínimo procurando que la visual este por lo menos a más de 50 cm. del suelo y haciendo la lectura de frente inmediatamente después que la de espalda.

Los errores debidos a esta causa pueden reducirse acortando la distancia de la mira hasta que esta se vea claramente.

*Variación de temperatura.* El error que por la variación de temperatura se produce no tiene gran trascendencia cuando se trata de nivelaciones de poca precisión, pero debe ser tenido en cuenta en las nivelaciones más afinadas. Este error prácticamente queda eliminado resguardando el instrumento de los rayos solares.

*Mira de longitud errónea.* El error que así se produce es sistemático y varía proporcionalmente al desnivel, sin relación alguna con la longitud del itinerario. Puede eliminarse este error contrastando la mira con un patrón de longitud y aplicando la corrección correspondiente. Si la mira es demasiado larga, se suma la corrección al desnivel; si es demasiado corta se resta.

Casi todas las miras salen de fábrica con su longitud exacta pero cuando hay que determinar grandes desniveles son pocas las miras que no necesitan corrección si la nivelación ha de ser muy precisa.

Cuando la mira se desgasta de modo uniforme por su pie se produce un error en la cota del instrumento para cada estación, pero el error de la nivelada de espalda queda compensado con el de la nivelada de frente, por lo cual no resulta errónea la altura del punto de delante.

*Dilatación o contracción de la mira.* Los cambios de humedad o temperatura pueden dar lugar a una dilatación o a una contracción de la mira. Las miras de madera bien curada y pintada se alargan y encogen, pero es muy poca la cantidad; su coeficiente de dilatación térmica es prácticamente insignificante; por tanto el error que pueda provenir de esta causa no tiene la menor importancia en las nivelaciones de poca precisión. Para trabajos de precisión se introducen en la mira unas piezas de latón, con un punto marcado en cada una, cuya distancia se mide para aplicar la correspondiente corrección, o se utilizan estadales graduados sobre una cinta de invar. (65% acero y 35% níquel).

*Mira inclinada.* En estas condiciones las lecturas son falsas por exceso. Este error varía en razón directa del valor de la lectura y proporcionalmente al cuadrado de la inclinación. Se puede reducir este error empleando un nivel en el estadal o balanceando el estadal suavemente atrás y adelante para que el observador tome la lectura mínima.

*Asiento del trípode o de los puntos de mira.* Si el trípode se hunde un poco después de hacer la lectura de espalda y antes de hacer la de frente, esta última resultará errónea y viceversa. Así se ve que si en una nivelación hecha por los métodos habituales se asienta el nivel o los puntos de mira, resultan las cotas obtenidas demasiado altas.

Hay que evitar golpear o apoyar con demasiada fuerza el pie de la mira sobre el suelo mientras se hacen las lecturas.

Por otra parte, es casi seguro que el trípode se hundirá algo cuando se opere en terreno fangoso o con nieve. Los errores de estos asientos se pueden reducir empleando dos estadales colocando cada uno de estos en los puntos de mira de adelante y de atrás, de este modo se hacen las lecturas de frente y de espalda en el mínimo de tiempo.

*Puntos de mira defectuosos.* Son aquellos puntos de cambio no bien definidos, tal como una piedra plana o irregular que no presentan ningún punto especial sobre el cual se mantenga invariable la mira, tanto para la nivelada de frente como la de espalda.

*Descentrado de la burbuja en el momento de hacer las lecturas.* Este error tiende a variar proporcionalmente a la distancia entre mira y nivel. Por esta razón, cuanto más larga sea la visual más cuidado hay que poner al nivelar el instrumento.

Muchos de los errores que pueden cometerse en las nivelaciones expuestos anteriormente, pueden evitarse utilizando métodos y registros adecuados para hacer autocomprobaciones, o interrumpir los trabajos de nivelación, cuando hay viento fuerte o al estar trabajando en un lugar en donde hay obras y maquinaria que nos produzcan vibraciones que alteren a el nivel o el estadal, revisar los aparatos antes de iniciar los trabajos, tener cuidado al hacer las observaciones, vigilar constantemente la burbuja del nivel tubular, no recargarse o golpear el trípode, verificar que la graduación de la mira este correcta, asegurarse de que cada visual en el estadal esté perfectamente vertical y si hay mucho calor por el sol, acortar las distancias entre el aparato y el estadal y utilizar una sombrilla para el instrumento.

### Precisión

Aunque el instrumento empleado influye mucho en la precisión, es más decisivo el grado de exactitud y cuidado del operador.

El error para una longitud dada tiende a variar en razón directa del número de estaciones de nivel, a partir de cierto número mínimo, por lo cual la precisión será menor en terreno accidentado, donde las visuales de frente y de espalda tienen longitudes normales. A partir de cierta longitud de la visual, el error de lectura de mira aumenta muy rápidamente con la distancia, de donde se deduce que la precisión será menor para visuales largas que para las de longitud normal.

Aunque las condiciones de trabajo en las que se realiza la nivelación son tan variables que no es posible dar reglas fijas para obtener una cierta precisión, la práctica nos dice que en circunstancias normales, con un nivel bien ajustado el error máximo se puede mantener dentro de los límites que se muestran a continuación:

*Nivelación aproximada.* La que se lleva a cabo en reconocimientos o anteproyectos, con visuales de hasta 300 m de longitud. Lecturas de estadal apreciando 3 cm, no hay que preocuparse que la distancias entre espalda y frente sean iguales. Error máximo tolerable en metros:

$$0.08(DK)^{1/2}$$

*Nivelación ordinaria.* La que se requiere en la construcción de carreteras, vías férreas etc. Visuales hasta de 190 m. Lecturas en estadales de aproximadamente 2 mm. Visuales de espalda y de frente aproximadamente iguales. Los puntos de liga se tomarán en cuerpos sólidos. Error máximo tolerable expresado en metros:

$$0.02(DK)^{1/2}$$

*Nivelación de precisión.* Para establecer puntos de referencia principales en levantamientos de cierta extensión. Visuales hasta de 90 m. Las visuales de frente y de espalda se miden a pasos y se toman aproximadamente iguales para lecturas de mucha distancia se balancea el estadal. Hay que centrar con mucho cuidado la burbuja antes de cada lectura. Los puntos de liga deben de colocarse en clavos de metal o señalarse sobre objetos firmemente enclavados en el suelo. El trípode ha de quedar bien apoyado y sujeto sobre el suelo. Máximo error tolerable expresado en metros:

$$0.01(DK)^{1/2}$$

*Nivelación de alta precisión.* Para determinar puntos permanentes de cota bien exacta que formen una red de apoyo. Se emplean niveles de gran precisión provistos de retículos con hilos estadimétricos. Visuales de longitud máxima de 90 m. Lecturas con los tres hilos horizontales del retículo con aproximación de 0.25 mm. Nivel resguardado del sol. Puntos de liga sobre clavos o planchas. Las lecturas de espalda y de frente deben de hacerse inmediatamente una tras otra. La burbuja se debe de centrar cuidadosamente al tiempo de hacer la observación. El estadal bien vertical mediante un nivel de mira. Las distancias de frente y de espalda medidas con estadía. El instrumento se colocará bien firme, con el trípode sobre terreno sólido. No se operará con aire muy caliente o viento muy fuerte. Máximo error tolerable expresado en metros:

$$0.004(DK)^{1/2}$$

Donde DK = distancia en kilómetros.

### **III.9 Levantamientos Especiales.**

Se deben realizar los levantamientos topográficos requeridos para proyectar los arreglos de conjunto y los planos de detalle de las estructuras que se proyecten. Estos levantamientos se realizan con teodolito de una aproximación de 20" y nivel fijo.

Los levantamientos de detalle se realizan en los cruces con arroyos, ríos, carreteras, vías de ferrocarril, acueductos, emisores, canales gasoductos, accidentes topográficos o donde se requiera construir una estructura especial.

Este levantamiento debe de apoyarse en la poligonal principal, delimitando el levantamiento de detalle con una poligonal cerrada la cual se monumentará (en terracería con trompo y estaca testigo, en pavimento asfáltico e hidráulico con ficha y clavos) además se colocarán mínimo cuatro referencias con ángulo y distancia en cada vértice, se forma una retícula de 5 por 5 m. cubriendo las calles que lo limitan y / o hasta 10 m. de los terrenos colindantes donde la infraestructura así lo permita, la retícula debe ser perpendicular con alguno de los límites del predio.

Con la información anterior se configura la zona de interés, normalmente con curvas de nivel equidistantes a cada 50 cm.

### **III.10. Elaboración de Planos Topográficos.**

Con la información obtenida en campo se procede a calcular las poligonales, así como los niveles obtenidos, para elaborar el plano topográfico en planta con su respectivo sistema de coordenadas x, y, z y cuadro de construcción de la poligonal incluyendo vértices, ángulos, distancias y rumbos.

En el caso de líneas de conducción, el perfil de la poligonal se dibuja con base en el trazo y la nivelación haciendo origen en la fuente de abastecimiento, captación o planta de bombeo, en la parte inferior del plano se debe indicar kilometraje y elevaciones a cada 100 m

En el dibujo de los planos se procurará que tanto en planta como en perfil, el sentido de escurrimiento del agua sea de izquierda a derecha.

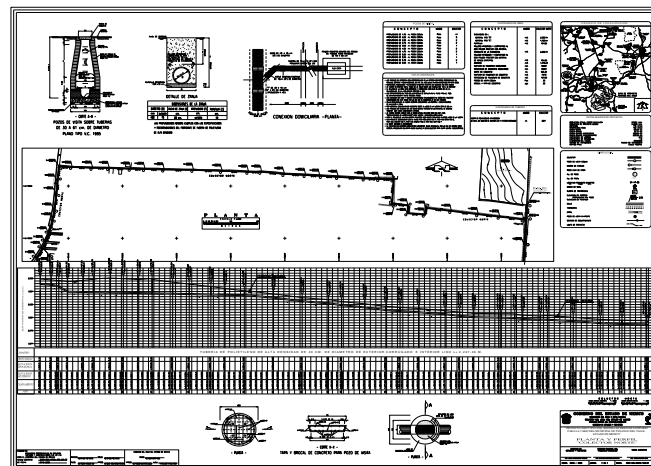
En el caso de emisores y colectores de alcantarillado, el origen del cadenamamiento (k 0+000) debe ser la descarga o disposición final (planta de tratamiento). Y se deberá obtener el kilometraje y elevaciones a cada 20 m

Para redes de agua potable se consignan cotas al centímetro de cruceros y cambios de pendiente; nombres de calles y cruces importantes con caminos, vías de comunicación, etc.

La configuración de la planta se presenta a escala de 1:2000, en tanto para el perfil la escala horizontal es de 1:2000 y la escala vertical debe ser la más conveniente para el proyecto, por lo regular 1:200 de tal forma que se aprecien todos los accidentes topográficos.

En los planos se debe tener un croquis de localización general en el extremo superior derecho y notas aclaratorias que indiquen los sitios donde se hayan establecido los bancos de nivel, así como el origen de la poligonal, con sus datos respectivos (x,y,z), así como la fuente de donde se recopiló (CONAGUA, CFE, INEGI, SARH, etc. )

En la parte inferior derecha irá el cuadro de referencia, con el nombre de la dependencia, lugar, Municipio y Estado del sitio levantado, plano de que se trate (planta, perfil, secciones transversales, etc.), el cadenamiento, escala, fecha de levantamiento (mes, año).



### *Dibujo de secciones transversales*

Las secciones transversales que se levanten sobre el trazo de apoyo a cada 20 m, se deben dibujar en papel milimétrico, (aunque en la actualidad estas se realizan mediante la Automatización de Dibujo Asistido por Computadora, por sus siglas en inglés AutoCad) debiendo aparecer su cadenamiento y elevación en cada sección dibujada. La escala debe ser 1:100 tanto horizontal como vertical, y su dibujo se hará en el sentido del cadenamiento, en el caso de cauces y/o arroyos éste irá de aguas arriba hacia abajo, de tal forma que a la izquierda quede la margen izquierda, a la derecha la margen derecha.

### *Elaboración de planos para los sitios de las estructuras especiales.*



Respecto a levantamientos especiales se dibuja el plano topográfico en planta a una escala recomendada entre 1:100 y 1:500, dependiendo de las necesidades del proyecto. Se deben indicar las coordenadas y elevaciones así como el cuadro de construcción de la poligonal.

Las curvas de nivel deben ir equidistantes a cada 50 cm.

Tratándose de cruces con arroyos, ríos y vías de comunicación se debe dibujar el perfil correspondiente indicando el eje del trazo de apoyo, el kilometraje de orillas y centro de cauce o eje de carreteras, su elevación a cada 20m, y en cada punto relevante.

Estos planos deben tener un croquis general de localización y notas aclaratorias, así como todas las características topográficas en que se basó el levantamiento del sitio, como son su cadenamamiento, vértices, ángulos, distancias, rumbos, bancos de nivel, etc.

### **III.11. Informe Final.**

El informe final se debe integrar con: los originales de todos los planos, (plantas, perfiles y secciones), libretas de campo, álbum fotográfico, etc.

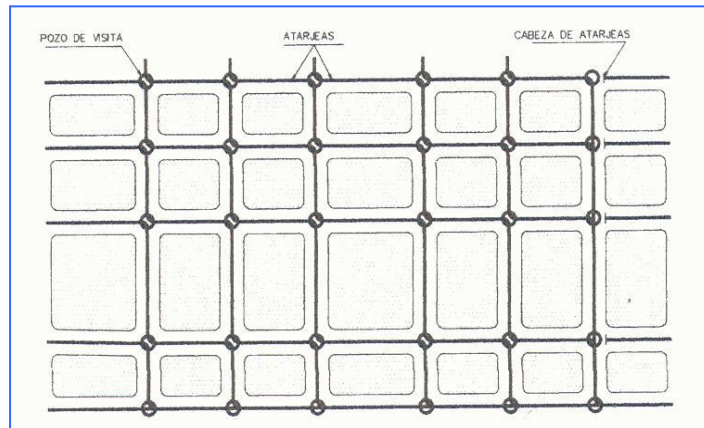
Se debe elaborar la memoria descriptiva de los trabajos, incluyendo el equipo utilizado y la relación de planos, entre otros.

Asimismo, se debe elaborar la memoria de cálculo indicando los procedimientos o metodologías aplicadas en el cálculo de coordenadas También se debe elaborar una relación de libretas de campo con sus índices respectivos y una relación de los bancos de nivel utilizados.

## IV. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

### IV.1 Atarjeas.

Conducto cerrado para alcantarillado que conduce aguas de lluvia y aguas negras en un sistema combinado, o aguas de lluvia o aguas negras en un sistema separado. Tiene por objeto recolectar y transportar las descargas de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, para conducir los caudales acumulados hacia los colectores o emisores. Son los conductos de menor diámetro en una red, los cuales se colocan generalmente por el eje de la calle, reciben directamente las aguas residuales domiciliarias, su diámetro mínimo es de 20 cm y su diseño, en general, debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante.



### IV.2 Subcolectores.

Conjunto de conductos que reciben las aguas negras recolectadas por las atarjeas. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales generalmente los subcolectores tienen mayor diámetro que las atarjeas, aunque en ocasiones pueden ser del mismo diámetro.

### IV.3 Colectores.

Conductos enterrados que captan el agua de los subcolectores y de las atarjeas, teniendo así mayor diámetro que el de los subcolectores. Estos y los subcolectores en ocasiones son llamados interceptores cuando son colocados en forma perpendicular a otros conductos de igual diámetro que vierten en ellos

volúmenes captados en una zona alta y de esta manera, permiten reducir los volúmenes que se captarían en zonas más bajas.

#### **IV.4 Emisor.**

Es el conducto al que ya no se le conectan descargas de aguas residuales ni pluviales, tiene como objetivo el conducir los volúmenes de agua captados por todo el sistema de tuberías que forman una red de alcantarillado, hasta el lugar de vertido o donde se tratarán las aguas residuales. Su diámetro es mayor que el de todos los conductos que componen el sistema de alcantarillado.

Por razones de economía, los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural. El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo. A continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

- a) Emisores a gravedad: Las aguas negras de los emisores que trabajan a gravedad generalmente se conducen por tuberías o canales, o bien por estructuras diseñadas especialmente cuando las condiciones de proyecto (gasto, profundidad, etc.) lo ameritan.
- b) Emisores a presión: Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo.

En estos casos es necesario construir una estación de bombeo para elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación, en cuyo caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor.

#### **IV.5 Tuberías.**

Las tuberías que se utilizan en la actualidad en construcción de sistemas de alcantarillado se fabrican y venden en forma comercial, es decir, se fabrican en condiciones estándar con materiales y diámetros específicos, existiendo así:

*Tuberías de concreto simple y reforzado.* Son fabricados con la mezcla de cemento Pórtland, que es un agregado fino que pasa por mallas de 6 mm, un agregado grueso cuyo tamaño depende del espesor del tubo, agua y refuerzos de acero cuando el tubo sea de concreto reforzado.

El refuerzo para los tubos de concreto reforzado, consiste en varillas de acero colocadas en anillos individuales o corridos como resorte, para absorber los esfuerzos de tensión y que van apoyados en otras varillas longitudinales que al

mismo tiempo que sujetan el esfuerzo principal, absorben los esfuerzos longitudinales debidos a cambios de temperatura y a la flexión.



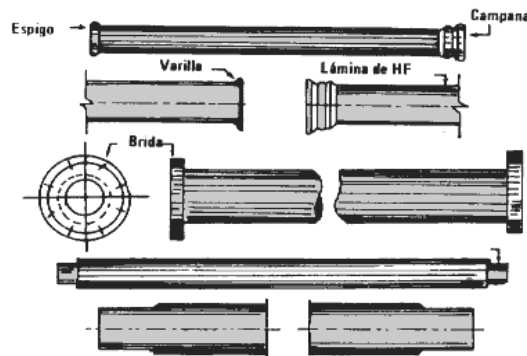
Los tubos no reforzados o de concreto simple se construyen de diámetros 15, 20, 30, 38 y 45 cm, y la unión que se emplea para tuberías de concreto simple es del tipo macho y campana.



Los tubos de concreto reforzado se fabrican para diámetros 61, 76, 91, 107, 122, 152, 183, 213 y 244 cm, y la unión que se emplea para este tipo de tubería es por medio de juntas tipo espiga y campana.

*Tuberías de asbesto cemento.* Construidas con una mezcla de asbesto, cemento Pórtland y sílice, trabajados bajo una gran presión, esta tubería es más ligera, la longitud de las secciones o tramos son mayor, reduciendo el número de uniones y manteniendo una buena alineación, un coeficiente de rugosidad bajo y resistencia a la corrosión.

Estas tuberías se construyen en tramos de 4 m para diámetros de 76 hasta 914 mm y en cuatro tipo A-5, A-7, A-10, A-14, donde los números indican la presión de trabajo en atmósferas.



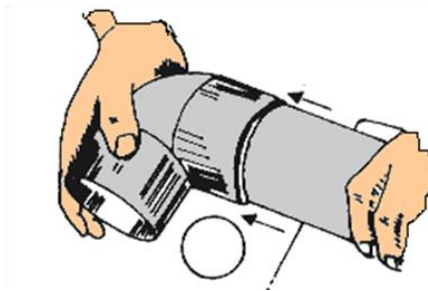
*Tuberías de barro vitrificado o vidriado.* Estos tubos se fabrican mediante el proceso de trituración de arcilla molida, la cual se amasa con agua para después comprimir esta masa en un espacio anular para formar el tubo. Posteriormente es cocido a temperaturas de 1000 a 1200 ° C durante un periodo de diez días, complementando el proceso con la aplicación de cloruro de calcio para formar el vidrio en la superficie.

El barro vitrificado satisface la mayor parte de los requisitos de un material ideal, pero no lo es así en lo que se refiere a la resistencia estructural, el peso, la disponibilidad y el costo.

*Tuberías de fierro fundido.* Estas tuberías se fabrican en tramos de 3.60 m y sus diámetros varían de 7.5 cm a 210 cm.

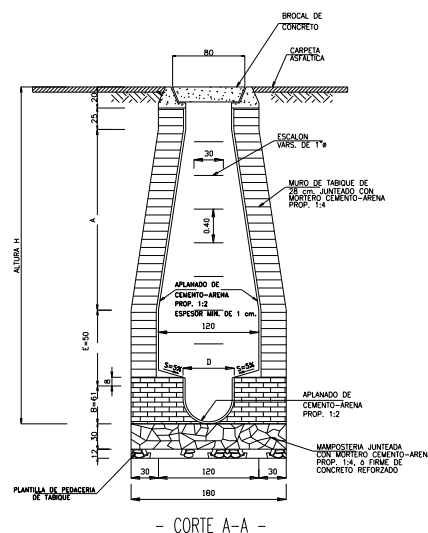
Esta clase de tuberías se utiliza donde las cargas externas son fuertes y se necesita una impermeabilidad absoluta, deben de ser tan fuertes para resistir la acción corrosiva de las aguas residuales.

*Tuberías de PVC.* Las tuberías de (poli cloruro de vinilio PVC) se utilizan en las bajadas de aguas negras en edificios, y en el drenaje interior de una casa habitación su mayor uso es también en el abastecimiento de agua y últimamente en el alcantarillado sanitario, debido a su gran resistencia a la corrosión, la ausencia de daños debidos al hielo y deshielo del agua en el tubo, su resistencia a la intemperie, su elasticidad y flexibilidad, su bajo coeficiente de rugosidad, lo hacen un material muy solicitado en la actualidad.



## IV.6 Estructuras.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza. Las uniones de la red de atarjeas con los pozos de visita deben ser herméticas.



- CORTE A-A -  
POZOS DE VISITA SOBRE TUBERIAS  
DE 30 A 61 cm. DE DIAMETRO

Las redes están integradas por una serie de elementos como son:

Pozos de registro.- son utilizados para mantenimiento y limpieza de redes ya que por medio de estos nos permiten introducir en la red instrumentos de inspección y de limpieza.

Los pozos de registro se pueden clasificar de acuerdo a su función como:

Pozo domiciliario.- recogen las aguas provenientes de los domicilios, existiendo a su vez, los pozos normales que son los que se encuentran en la

mayoría de las redes de alcantarillado manteniendo una única alineación de entrada y salida del agua, y los pozos de resalto que se encuentran en las redes de alcantarillado y mantienen alineaciones diferentes, resalto o escalón en la entrada y salida del agua.

Estos pozos se colocan en los cambios de dirección, en los empalmes de colectores, los cambios de pendiente y los cambios de sección.

Pozos de visita.- aparte de tener la finalidad, como los pozos de registro, de facilitar la inspección y limpieza de los conductos del sistema de alcantarillado, permiten la ventilación de los mismos, es por eso que se aconseja situar los pozos de visita a una distancia similar entre sí.

Estos se colocan al inicio de las atarjeas, en los cambios de dirección y de pendiente, para permitir la conexión de otras atarjeas o colectores.

La forma de los pozos de visita es cilíndrica en la parte inferior y troncónica en la parte superior, con el propósito de que una persona pueda maniobrar dentro de él,

En el piso o plantilla del pozo por lo general se deja una media caña o canal que encausan las corrientes, cuenta en ocasiones con escalones de fierro, que permiten el acceso a su interior, y con orificios en la tapa de este que permitan la salida de gases.

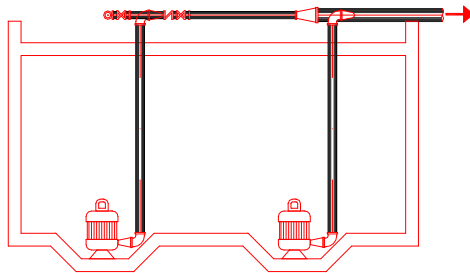
Pozos de caída.- estos son utilizados para efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel, por razones topográficas de la zona o por tener determinadas elevaciones fijas para las plantillas de algunas tuberías estos pozos admiten la entrada en la parte superior del pozo y permiten el cambio brusco de nivel por medio de una caída que puede ser libre o conducida por un tubo. Se instalan en tramos en los que por efecto de la topografía los tubos tendrían pendientes muy fuertes que ocasionarían velocidades más altas a las máximas y gastos de excavación excesivos que incrementarían el costo de la obra, también son utilizados cuando los colectores estén muy profundos en un plano inferior al de las atarjeas.

Pozos y cajas de unión.- Son estructuras empleadas para hacer la unión y cambio de dirección horizontal entre subcolectores y colectores con diámetros iguales o mayores a 76 cm de diámetro.

Deposito de retención.- Cuando las aguas de lluvia sobrepasan ciertos caudales estas son retenidas en depósitos de retención y descargadas en la red una vez que la lluvia a disminuido.

Alcantarillas.-Son elementos de la red que permiten captar la aguas de escorrentía superficial, por lo general están colocadas en los cruces y a cada 50 a70m.

Cárcamos de bombeo.- Son elementos que permiten el desalajo de las aguas de zonas sin salida natural. Estos deben estar colocados en sitios donde sea posible desaguar a la máxima cantidad de superficie.



Estructuras de vertido.-La estructura de descarga consiste en la obra de ingeniería que permite el vertido final de las aguas tratadas al cuerpo receptor.

Las aguas que se recolectan en una red de alcantarillado están contaminadas por lo que se tienen que tratar previamente para reducir las cargas contaminantes, es por eso que se debe realizar un estudio profundo para ubicar una planta de tratamiento, tomando en cuenta el grado de contaminación y el caudal de aguas por eliminar, seleccionando posteriormente el medio receptor, mar, río, barranca





## V. PROYECTO EJECUTIVO

### V.1 Datos Básicos de Proyecto.

Para la determinación de datos básicos, se consideró el censo de población de los vecinos, además el proporcionado por las Autoridades del Colegio Mexiquense de Cultura.

Otro aspecto básico para realizar un proyecto de alcantarillado, es disponer de la topografía de la región, ya que marcará la pauta para elegir el tipo de configuración que tendrá el sistema.

En consecuencia, es necesario contar con planimetría y altimetría, para realizar los trazos de la red y determinar la ubicación de las estructuras e instalaciones auxiliares.

### V.2 Población de Proyecto.

Las Autoridades del Colegio Mexiquense de Cultura, registran actualmente una capacidad docente de 200 personas, contemplando un crecimiento de alumnos con lo que se verían completas las instalaciones educativas, por lo tanto se omiten los métodos de predicción de alumnos; sin embargo para la determinación de la población de proyecto de los habitantes de Santa Cruz, se fijó un período económico de 15 años, el cual fue establecido tomando en cuenta las características socioeconómicas, ubicación y perspectivas de desarrollo, así mismo se consideró una tasa de crecimiento demográfico anual de 2.62%, determinado de acuerdo al censo realizado por INEGI en los años 1990, y 2000.

CENSO DE POBLACIÓN	STA. CRUZ	ALUMNOS Y PERSONAL ACADÉMICO	TOTAL HABITANTES
2003	430	200	630

Por lo tanto, para los habitantes establecidos en Santa Cruz, la población de proyecto será:

Utilizando el método de interés compuesto con una tasa de crecimiento anual del **2.62%**.

$$P_p = P_{ac} (1 + i)^n$$

Donde:

- Pp = Población de Proyecto
- Pac = Población Actual
- i = Tasa de Crecimiento Anual (2.62%)
- n = Período Económico de Diseño (n = 15)

Por lo Tanto:

$$Pp = 430 (1 + 0.0262)^{15} = 634 \text{ Hab.} \approx \mathbf{640 \text{ Hab.}}$$

CENSO DE POBLACIÓN	STA. CRUZ	COLEGIO MEXIQUENSE Y ALUMNOS	TOTAL HABITANTES
2018	640	200	840

### V.3 Dotación de Agua Potable.

La dotación es la cantidad de agua que se asigna a cada habitante y que comprende todos los consumos de los servicios que se hacen en un día medio anual.

Para efectos de aplicación se tomará en cuenta la determinación de cantidades de agua que se requieren para las condiciones inmediatas y futuras del Colegio Mexiquense de Cultura y de los vecinos de Santa Cruz, por lo que la dotación depende del número de habitantes, condiciones climatológicas y de la cantidad de agua disponible, de acuerdo a estos factores la dotación adoptada para los alumnos y personal académico será de 25 lts/hab/día y para los usuarios de dicha población 150 lts/hab/día.

#### V.4 Aportaciones de Aguas Negras.

Considerando que el alcantarillado para aguas negras debe ser el reflejo del servicio de agua potable y por lo que respecta a la relación que existe entre dotación y aportación, se adopta el criterio de aceptar como aportación de aguas negras del 75 al 80% de la dotación de agua potable y que el 25 ó 20% restante se pierde antes de llegar a los conductos, ya que se utiliza para otros fines, como consumo humano, riego de jardines etc., para el presente proyecto se tomó como base el 80% de la dotación, dando como resultado:

**Aportación = 80% Dotación**

$$A = 0.80 \times 150 \text{ lts/hab/dia}$$

$$A = 120 \text{ lts/hab/dia}$$

**La aportación de aguas negras del personal académico y alumnado será:**

LOCALIDAD	APORTACIÓN LTS/HAB/DIA
Alumnado y Personal Académico	20

#### V.5 Gasto Medio.

Conocida la población de proyecto y la aportación se procede a calcular el gasto medio, mismo que se obtiene al multiplicar la población de proyecto y la aportación, divididos entre los segundos del día.

$$Q \text{ Med.} = \frac{Pp \times A}{86400}$$

**Aplicando valores, se obtiene:**

LOCALIDAD	Q MED.
Santa Cruz.	0.89 l.p.s.

**Los gastos de las escuelas, se anexa en la tabla de gastos.**

## V.6 Gasto Mínimo.

Generalmente se considera como gasto mínimo la mitad del gasto medio; pero un estudio más riguroso sobre todo en aquellos casos que se tengan pendientes muy pequeñas ó muy grandes, se acepta como cuantificación práctica el gasto mínimo probable de aguas negras por conducir la descarga de un excusado, que es de 1.5 l.p.s., tomando en consideración el número de descargas simultáneas al alcantarillado.

En la tabla "A" se muestran los gastos mínimos previstos por el manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) de la Comisión Nacional del Agua en función del diámetro del conducto y número de descargas simultáneas.

**TABLA "A"**

<b>DIÁMETRO (CMS)</b>	<b>No. DESCARGAS SIMULTÁNEAS</b>	<b>APORTACIÓN POR DESCARGA (LPS)</b>	<b>GASTO MÍNIMO AGUAS NEGRAS (LPS)</b>
30	2	1.50	3.0
38	2	1.50	3.0
45	3	1.50	4.50
61	5	1.50	7.50
76	8	1.50	12.00

Cuando los gastos mínimos que consigna esta tabla "A" sean menores a los calculados con la expresión:

$$Q \text{ Min.} = 0.50 \text{ } Q \text{ Med.}$$

$$Q \text{ Min.} = 0.45 \text{ l.p.s.}$$

Se tomaron para la revisión de tirantes mínimos los calculados con esta expresión, pero si son mayores se tomará para la revisión los anotados en la tabla "A".

## V.7 Gasto Máximo Instantáneo.

La estimación del gasto máximo instantáneo, esta en función con el coeficiente de Harmon "M" y el gasto medio relacionado de la siguiente manera:

$$Q \text{ Max. Inst.} = M \cdot Q \text{ Med.}$$

Donde:

$$M = 1 + (14 / (4 + (P)^{1/2}))$$

M: Coeficiente de Harmon.

P: Población de proyecto expresada en miles de habitantes.

M = El coeficiente de Harmon para poblaciones menores a 1000 habitantes es igual a 3.8

Sustituyendo Valores:

LOCALIDAD	M	Q MAX. INST.
Santa Cruz.	3.80	3.38

## V.8 Gasto Máximo Extraordinario.

En función de este gasto, se determina el diámetro adecuado de los conductos y su valor se calcula multiplicando el gasto máximo instantáneo por el coeficiente de seguridad (1.5) que prevé los excesos de aportación que puede ocurrir por concepto de aguas pluviales domiciliarias.

$$Q \text{ Max. Extraordinario} = 1.5 \cdot Q \text{ Max. Instantáneo}$$

Aplicando Valores:

LOCALIDAD	Q MAX. EXTRAORDINARIO
Santa Cruz.	5.07 l.p.s.

## 1 TABLA DE GASTOS DEL CENTRO EDUCATIVO

COLEGIO MEXIQUENSE	No. DE PERSONAS	APORTA L/H/D	Q MED. LPS	Q MIN. LPS	Q MAX. INST. LPS	GASTO MAX. EXT. LPS	COEF. HARMON
ALUMNOS Y PERSONAL ACDÉMICO	200	20	0.05	0.025	0.18	0.26	3.80

### V.9 Diámetro Mínimo.

El diámetro que se considere es de 30 cm. con el fin de evitar velocidades mayores a las permisibles, considerando que este es suficiente para evitar obstrucciones en la tubería.

### V.10 Pendientes Mínimas.

a) Casos Normales.- Son aquellos en que no se dispone del desnivel topográfico necesario, aceptándose pendientes que producen velocidades de 60 cm/seg. a tubo lleno y a tubo parcialmente lleno puede bajar a 35 cm/seg.

Así por la formula de Manning.

$$V = (1/n) R^{2/3} S^{1/2} \longrightarrow S = ((Vn) / R^{2/3})^2$$

Donde:

- V = Velocidad del escurrimiento = 0.60  
n = Coeficiente de Rugosidad = 0.13  
R = Radio Hidráulico a tubo lleno =  $D/4$   
siendo el diámetro del tubo en metros

Sustituyendo las dimensiones de los diferentes diámetros se obtienen los siguientes valores de pendientes:

DIÁMETRO NOMINAL (CMS)	PENDIENTE MÍNIMA (MILESIMAS)
20	3.30
30	1.92
38	1.40
45	1.12

- b) .Casos Excepcionales.- Son aquellos que se presentan cuando se tiene un desnivel topográfico pequeño aceptándose como pendiente mínima aquella que conduce una velocidad de 30 cm/seg. con un tirante igual ó mayor a 1.5 para el gasto mínimo en función del diámetro y número de descargas simultáneas.

#### V.11 Pendientes Máximas.

- a) Casos Normales.- El desnivel topográfico permite optimizar el diámetro de la tubería, adoptándose como pendiente máxima aquella que produce una velocidad máxima de 300 cm/seg. funcionando lleno el conducto.

Aplicando la formula de Manning se obtienen las siguientes pendientes de acuerdo al diámetro escogido.

<b>DIÁMETRO NOMINAL (CMS)</b>	<b>PENDIENTE MÁXIMA (MILESIMAS)</b>
30	48.09
38	35.09
45	28.01

- b) Casos Excepcionales.- Son aquellos en que el desnivel topográfico es fuerte, por lo cual de acuerdo a las normas de acuerdo a los datos básicos para proyectos, del manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) de la Comisión Nacional del Agua se considera como pendiente máxima aquella que permite el escurrimiento del gasto máximo a tubo parcialmente lleno con una velocidad máxima de 3.0 cm/seg.

#### **V.12 Profundidad e Instalación de Tubería.**

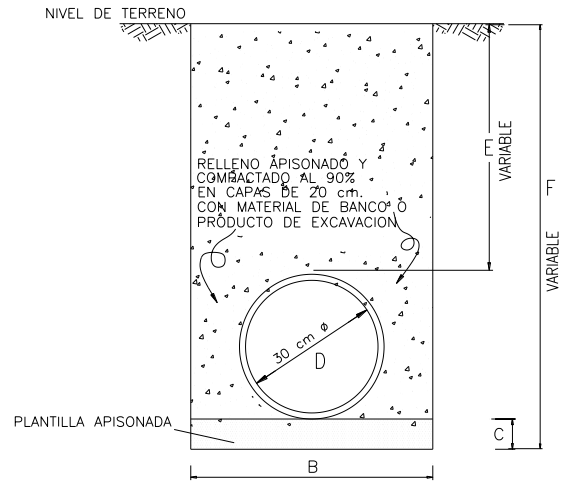
- a) Profundidad Mínima.- El colchón mínimo que se acepta para evitar ruptura de conducto ocasionadas por cargas vivas es de .90 m para diámetros hasta de 45 cm. y de 1.00 a 1.50 m para diámetros mayores.
- b) Profundidad Máxima.- La profundidad máxima de instalación de los conductos es función de la topografía del lugar, puesto que los sistemas deben proyectarse en lo posible; para que el escurrimiento de las aguas negras se efectúe por gravedad.

#### **V. 13 Anchos de Zanjas y Espesores de Cama.**

Los anchos de cepas y espesores de cama para la instalación de la tubería, están en función del diámetro, siendo estos los siguientes:



Diámetro de tubo (cm)	Ancho de Zanja [cm]
20	65
25	70
30	80
38	90
45	100
61	120
76	140
91	175
107	195
122	215



DETALLE DE ZANJA

#### V.14 Tipo de Tubería.

Se utiliza tubería de concreto simple para diámetro de 30 cm., en las descargas domiciliarias se empleará tubería de concreto simple y codos de 45°.

Para el proyecto de la localidad en estudio, se empleará tubería de 30 cm. de diámetro, debido a que la topografía existente permite conducir en este diámetro la totalidad del gasto de proyecto.

#### V.15 Transiciones, Conexiones, Cambios de Dirección Horizontal y Pendiente.

Cada uno de los puntos mencionados en este inciso se harán empleando pozos de visita ó cajas especiales, con excepción de las descargas domiciliarias.

Se construirán pozos de visita comunes para diámetros de tubería de hasta 60 cm. para el caso de caídas, cuando esta sea menor a 40 cm. se hará libre dentro de los mismos pozos, pero hasta 1.50 m. y diámetro hasta 76 cm. se recomienda utilizar pozos de caída.

La separación máxima de pozos deberá ser la adecuada para facilitar las operaciones de limpieza, de acuerdo con el diámetro se recomiendan las siguientes:

Para diámetros de 20 a 61 cm., 125 m. y de 76 a 122 cm. de diámetro 150 m.

## **V.16 Estructura de Descarga y Red de Alcantarillado.**

El sitio de descarga será en forma provisional a un canal natural a cielo abierto por donde circulan aguas negras y pluviales de la zona, localizada al noreste de la localidad, donde además se incorporaron las aguas vertidas por el Colegio Mexiquense de Cultura, en una etapa posterior se deberá considerar su vertido a una fosa séptica ó bien Planta de Tratamiento.

La red de alcantarillado sanitario esta constituida por tubería de concreto simple con junta hermética de 30 cm. de diámetro en una longitud de 5,504.0 m.

## **V.17 Cálculo Hidráulico**

En la hoja anexa, se realizó el cálculo hidráulico tomando las siguientes consideraciones:

Como se observa, existen pendientes con un desnivel topográfico que nos permite construir pozos de visita tipo común.

Los tirantes calculados con el gasto mínimo fueron siempre mayores a 1.50 cm.

La velocidad máxima a tubo parcialmente lleno es siempre menor a 3.0 m/seg. que es el límite marcado por las normas.



PROYECTO DE EJECUCION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, STA. CRUZ SAN FRANCISCO TLALCUALCAPAN, MUNICIPIO DE ALMOLOYA DE JUAREZ

CANTON	FRONTERA	LONG (m)	ACUM (m)	POBLACION (hab)	COEF. HARMONIZACION	GASTO SANITARIO (QMED)	Q MAXI (lps)	DISEÑO MINIMO (lps)	DIAM D (cm)	FEND S (mm)	VEL REAL (m/s)	VEL A 0.1mm (m/s)	GASTO METEOROLOGICO (m³/s)	COTA FERRENO (m)	COTA DE PLANTILLA (m)	PROF-1 EIC (m)	TIPO PROF-2 EIC (m)	AL POZO (m)	DIAM (cm)	PROFUNDIDADES INICIAL (m)	FINAL (m)	EXCAVACION PROYECTADO (m³)	PLANTILLA (m³)	R E L L E N O S COMPACTADO (m³)	OL DEL TUBO (m³)	VOLTEO (m³)			
																											PROF-1 REAL (m)	PROF-2 REAL (m)	PROFUNDIDADES INICIAL (m)
850	6106	6106	6106	7	3.80	0.01	0.04	0.05	300	30	0.182	0.604	56.70	1.380	2774.43	2774.13	1.30	3.7	6106	30	1.20	1.27	1.28	67.56	5.66	20.33	4.32	37.05	
53.49	30.87	66.67	10	3.80	0.01	0.05	0.08	0.10	300	30	0.115	0.344	43.25	0.612	2778.28	2781.32	1.20	3.7	52.53	30	1.20	2.07	1.84	77.14	5.36	18.58	3.94	49.26	
43.54	57.57	144.24	17	3.80	0.02	0.09	0.13	0.16	300	30	0.120	0.358	66.49	1.223	2781.94	2786.09	1.25	3.8	53.45	30	1.20	2.27	2.17	55.89	2.96	10.28	2.18	40.66	
54.55	81.89	228.23	26	3.80	0.04	0.14	0.21	0.23	300	30	0.140	0.411	130.76	1.938	2779.05	2779.05	1.31	3.8	54.55	30	1.25	1.31	1.28	90.05	7.87	27.30	5.80	49.08	
55.56	19.12	245.35	29	3.80	0.04	0.15	0.23	0.23	300	30	0.140	0.411	91.74	1.938	2779.05	2779.05	1.25	3.8	55.56	30	1.31	1.35	1.28	21.00	1.84	6.37	1.35	11.45	
56.57	43.52	289.27	34	3.80	0.05	0.16	0.23	0.27	300	30	0.140	0.411	211.86	2.997	2779.05	2779.05	2.64	3.8	56.57	30	1.25	2.54	1.85	71.51	4.22	14.03	3.10	49.66	
57.58	379.03	699.33	78	3.80	0.11	0.22	0.32	0.32	300	30	0.214	0.344	43.25	0.612	2779.05	2779.05	2.75	4.0	57.58	30	2.04	2.75	2.70	66.51	2.88	9.99	2.12	51.92	
58.47	17.52	685.25	80	3.80	0.11	0.22	0.32	0.32	300	30	0.214	0.344	43.25	0.612	2779.05	2779.05	2.85	4.0	58.47	30	2.15	2.85	2.85	42.19	1.72	5.97	1.27	33.24	
59.60	77.62	77.62	9	3.80	0.01	0.05	0.07	0.07	300	30	0.112	0.344	43.25	0.612	2778.68	2778.41	1.27	3.6	59.60	30	1.27	1.81	1.54	101.40	7.45	25.65	5.49	62.92	
60.61	80.00	157.62	18	3.80	0.03	0.10	0.14	0.14	300	30	0.138	0.344	43.25	0.612	2779.48	2778.09	1.40	3.6	60.61	30	1.81	1.40	1.81	106.67	7.68	28.64	5.65	68.70	
61.62	73.88	231.50	27	3.80	0.04	0.14	0.21	0.21	300	30	0.138	0.344	43.25	0.612	2779.12	2779.12	2.21	3.8	61.62	30	1.40	2.21	1.81	112.18	7.09	24.60	5.22	75.26	
62.57	116.55	348.05	40	3.80	0.05	0.21	0.32	0.32	300	30	0.175	0.344	43.25	0.612	2779.41	2776.77	2.64	3.9	62.57	30	2.21	2.64	2.43	141.51	6.75	23.41	4.87	106.48	
63.42	46.26	46.26	5	3.80	0.01	0.03	0.04	0.04	300	30	0.094	0.344	43.25	0.612	2778.22	2777.60	1.22	3.7	63.42	30	1.22	2.21	1.72	66.91	4.44	15.40	3.37	43.79	
47.64	90.00	90.00	10	3.80	0.01	0.05	0.09	0.09	300	30	0.180	0.724	129.74	1.838	2778.62	2778.37	1.25	3.7	47.64	30	1.25	1.28	1.27	97.78	8.64	29.97	6.36	52.80	
64.64	72.96	162.96	19	3.80	0.03	0.10	0.15	0.15	300	30	0.244	0.802	172.86	2.448	2776.38	2774.42	1.30	3.7	64.64	30	1.28	1.96	1.62	99.98	7.00	24.30	5.16	63.53	
65.66	305.93	528.86	62	3.80	0.09	0.35	0.49	0.53	300	30	0.394	0.692	110.26	1.500	2774.81	2773.51	1.30	3.6	65.66	30	1.96	1.63	1.63	56.35	6.71	23.28	4.44	61.42	
66.67	44.65	573.74	67	3.80	0.11	0.41	0.62	0.62	300	30	0.441	0.744	129.74	1.838	2773.97	2771.27	1.24	3.6	66.67	30	1.30	1.27	1.29	49.44	4.31	14.94	3.17	47.03	
67.68	95.15	668.89	76	3.80	0.12	0.46	0.69	0.69	300	30	0.441	0.744	118.43	1.635	2772.57	2771.27	1.24	3.6	67.68	30	1.27	1.24	1.26	102.61	9.13	31.68	6.73	55.06	
68.69	80.00	748.89	87	3.80	0.12	0.46	0.69	0.69	300	30	0.441	0.744	118.43	1.635	2772.57	2771.27	1.27	3.6	68.69	30	1.24	1.27	1.26	86.27	7.08	26.64	5.65	46.30	
69.70	95.78	844.67	96	3.80	0.14	0.52	0.78	0.78	300	30	0.517	0.776	138.45	1.959	2769.80	2766.97	1.27	3.6	69.70	30	1.27	1.27	1.27	104.44	9.19	31.88	6.77	50.58	
70.71	85.03	85.03	10	3.80	0.01	0.05	0.08	0.08	300	30	0.115	0.344	43.25	0.612	2776.88	2775.61	1.27	3.6	70.71	30	1.27	1.54	1.41	102.98	8.25	28.61	6.07	60.04	
71.72	100.00	185.93	22	3.80	0.03	0.12	0.17	0.17	300	30	0.238	0.558	66.49	1.223	2775.94	2774.64	1.30	3.6	71.72	30	1.54	1.42	1.42	121.04	9.60	33.30	7.07	71.07	
72.65	110.10	290.03	34	3.80	0.05	0.16	0.27	0.27	300	30	0.197	0.344	43.25	0.612	2775.38	2774.42	1.36	3.9	72.65	30	1.30	1.96	1.63	151.76	10.57	36.68	7.78	98.75	
Fondo (14) Semiperman las aguas negras del Colegio Nequeense																									2266.04	188.38	584.00	123.97	1420.32

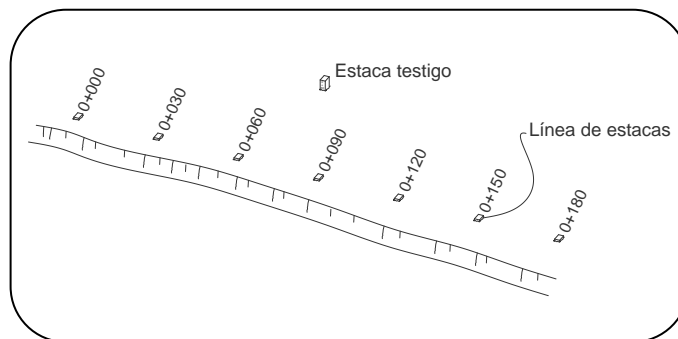
## VI. EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y TENDIDO DE TUBERÍAS.

### VI.1 Puntos de control para la excavación de zanjas.

Como paso previo a la excavación, el trazado de la zanja debe ser marcado, colocado y referenciado con precisión con una línea que delimite la longitud y el ancho de la superficie de la zanja. Cuando se requieran marcas temporales de colocación, deben establecerse en puntos donde no sea posible que sean borradas o movidas.

Cuando se excavan zanjas, para tender la tubería de drenaje, o instalar alcantarillas, se debe de cuidar mucho que el corte tenga la profundidad correcta. En el caso de las tuberías citadas el agua debe de correr por la acción de la gravedad, por lo cual el control vertical es mucho más importante que el horizontal.

En esta clase de excavaciones, la línea de centro, o eje de la tubería, se señala por medio de estacas hincadas a cada 30 ó 45 m. y alineadas correctamente. A veces las estacas se alinean a determinada distancia de la línea de centro, del lado opuesto a aquel en que se van a depositar los productos de la excavación, en estos casos, las estacas se marcan de modo que los datos proporcionen: la estación, la distancia al centro y la profundidad del corte, medida desde la cabeza de la estaca hasta el fondo de la zanja, o bien, hasta la plantilla del tubo que deberá colocarse en ella. El alineamiento en el plano horizontal se hace con el tránsito. La cota de la cabeza de los trompos hincados a lado de la zanja se verifica con ayuda de un nivel fijo, ya que, en este caso, el control vertical es de gran importancia.



También se pueden utilizar otros procedimientos, por ejemplo, trazar una señal en una de las caras de cada trompo a determinada altura sobre la plantilla del tubo, o bien, se puede escribir en alguna de las caras de la estaca de guarda o testigo, la distancia vertical a la plantilla del tubo, medida desde la cabeza del trompo, entonces los trompos marcados así se convierten en estacas de nivel. Las llamadas “cabezas azules” son estacas que ya tienen la cota marcada y por lo tanto, la profundidad a que se hincan en el suelo debe estar de acuerdo con la altura indicada. El término “cabezas azules” o “estacas azules” se deriva de la

costumbre de pintar de azul, con un crayón, el remanente del trompo para indicar que se trata de un trompo de nivel. Una vez colocadas a lado de la zanja, las estacas quedan en su nueva posición y sirven como referencias para hacer el alineamiento y medir la profundidad de la zanja y de las tuberías.

## **VI.2 Excavación de zanjas de alcantarillado.**

Los trabajos de excavación deberán estar precedidos del conocimiento de las características físicas locales, tales como: naturaleza del suelo, nivel de la capa freática, topografía y existencia de redes de servicios públicos.

Si existen indicios de que las condiciones del suelo y la capa freática son desfavorables para la excavación, es recomendable hacer sondeos en sitio para verificarlos y decidir si es necesario apuntalamientos o taludes de las paredes de las zanjas.

La excavación en corte abierto será hecha a mano con equipo mecánico, a trazos, anchos y profundidades necesarias para la construcción, de acuerdo a los planos.

Para que los sistemas de drenaje o alcantarillado funcionen tal como lo establece el proyecto, todas las zanjas se deben excavar de acuerdo con las líneas y cotas especificadas para el caso.

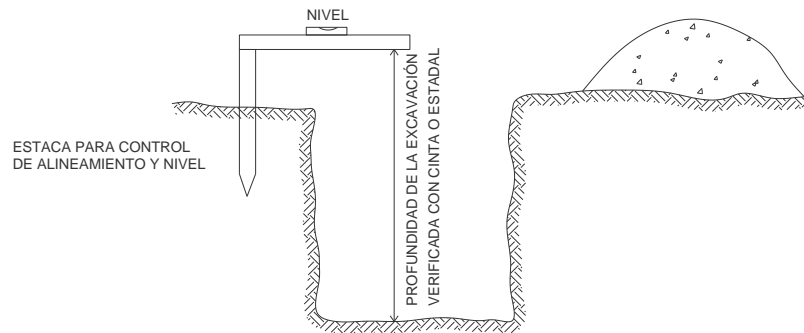
Los intervalos de las operaciones de excavación, instalación de la tubería y relleno de tierra, deben ser lo más breves posibles, de esta forma se logra.

- Acortar el tiempo de reutilización de los elementos de apuntalamiento si los hubiera.
- Prevenir posibles inundaciones de la zanja y derrumbes de la misma.
- Reducir la necesidad de controlar el agua subterránea.
- Reducir los requerimientos de los equipos.
- Minimizar las roturas de los servicios existentes, acortar las perturbaciones al tráfico.
- Reducir riesgos de accidentes.

Se recomienda que no transcurra más de una semana entre la excavación de la zanja y la colocación de la tubería.

El alineamiento en el plano horizontal no presenta mayores dificultades, puesto que una línea siempre se puede pintar en el suelo, o marcar de cualquier otra manera, para guiar al operador de la máquina excavadora. Pero para dejar el fondo de la zanja exactamente a los niveles especificados se requiere aplicar un control vertical casi continuo.

Para verificar la profundidad puede usarse una tabla de madera y colocarla a nivel, con un extremo sobre alguna de las estacas que se colocaron a lado de la zanja que ya están acotadas, el otro extremo de la tabla se lleva hacia el estadal que descansa sobre el fondo de la zanja e indica la lectura respectiva. Los mismos resultados se obtienen utilizando una cinta.



Se acostumbra llevar la excavación hasta un nivel que esté unos cuantos centímetros debajo del que corresponde al fondo de la tubería. Así se tendrá el espacio necesario para una cama de arena, grava, piedra triturada u otro material que casi siempre debe colocarse debajo de los tubos en obras de esta clase.

Cuando el terreno sea uniforme se excava hasta la línea de nivel, si quedan al descubierto elementos rígidos tales como piedras, rocas etc., será necesario excavar por debajo del nivel para efectuar posteriormente un relleno.

Cuando sea necesario realizar explosiones por las excavaciones, en general en poblaciones, se deben adoptar las medidas necesarias de seguridad para la protección de personas y propiedades.

El material procedente de la excavación se debe apilar lo suficientemente alejado del borde de las zanjas para evitar el desmoronamiento de éstas, o que los desprendimientos puedan poner en riesgo a los trabajadores.

En caso de que las excavaciones afecten a pavimentos, los materiales que puedan ser usados en la restauración de los mismos deben ser separados del material general de la excavación.

La forma en que se apile la tierra removida condiciona el empleo de equipo de excavación, la necesidad de apuntalamientos y las operaciones de relleno.

En caso de instalaciones en zanja, el material extraído se usa frecuentemente para el posterior relleno, por lo que es conveniente acopiarlo a lo largo de la zanja a una distancia adecuada de uno de los bordes, una regla es situar la tierra extraída a una distancia del borde de la zanja no menor que la mitad

de su profundidad. Si la zanja se encuentra apuntalada suele ser suficiente una distancia libre de 60 cm.

La tierra amontonada en la proximidad del borde de la zanja produce una sobre carga que afecta a su estabilidad, la cual debe ser considerada al estudiar la estabilidad de los taludes que constituyen las paredes de la zanja. Cuando la estabilidad del talud no resulte suficientemente segura la zanja debe ser apuntalada.

La apertura de las zanjas muy profundas o muy anchas produce un gran volumen de tierras extraídas cuyo peso puede resultar excesivo para la estabilidad del talud. En este caso será necesario alejar una parte de dichas tierras o extenderlas en una superficie mayor. Si se prevé utilizar como relleno las mismas tierras procedentes de la excavación, estas deben ser inspeccionadas a fin de retirar trozos grandes de roca, terrones, pedazos de escombros y todo aquello cuyo peso y dureza puedan causar daños a la tubería por el impacto de caída o producir presiones puntuales al compactar el relleno.

### **VI.3 Profundidad y Ancho de zanja.**

La profundidad mínima de las zanjas, se determina de forma que las tuberías resulten protegidas de los efectos del tráfico y cargas exteriores, así como para preservarlas de las variaciones de temperatura del medio ambiente.

El colchón mínimo sobre el lomo del tubo debe ser de 90 cm. excepto en los sitios en que por razones especiales se indiquen otros valores.

La profundidad mínima de la zanja será la que se obtenga sumando al colchón mínimo, el diámetro exterior de la tubería y el espesor de la plantilla; sin embargo, en los casos de cruzamiento con caminos vías de ferrocarril, canales de riego etc. Si se hace obligado tener mayores profundidades, el proyectista deberá analizar el comportamiento de la tubería al aplastamiento para seleccionar la clase de tubo por usar.

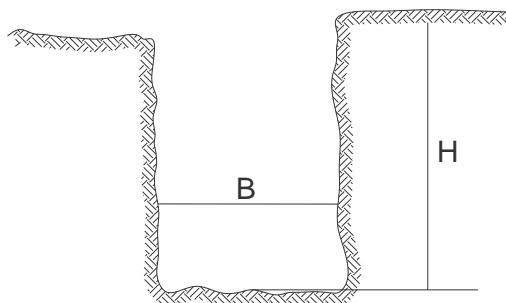
En caso de que el material del fondo no tenga la consistencia necesaria para mantener la tubería en forma estable, es conveniente profundizar la excavación hasta encontrar material apropiado, reemplazando el volumen extraído con un relleno compactado, hecho con arena o tierra libre de piedras, terrones y materias orgánicas.

La excavación se afinara de manera que no se tenga, en ningún caso, una diferencia mayor de 5 cm. Entre la sección real y la de proyecto, procurando que el afine del fondo (últimos 10 cm) se haga antes de la instalación de la tubería.

El ancho de la zanja deberá ser uniforme en toda la longitud de la excavación y en general debe obedecer a las recomendaciones del proyecto.



DIAMETRO INTERIOR DE TUBO (cm.)	ANCHO DE ZANJA "B" (cm.)
20	65
25	70
30	80
38	90
45	100
61	120
76	140
91	175
107	195
122	215
152	250
183	285
213	320
244	355



Cuando es necesario el aumento en el ancho de la zanja, el ensanchamiento se hará 5 cm. Por encima del tubo para evitar que aumenten las cargas sobre la tubería.

#### VI.4 Relleno de zanjas.

El relleno deberá seguir a la instalación de la tubería tan cerca como sea posible, los fines esenciales que deberán cumplir este relleno son:

- Proporcionar un lecho para la tubería.
- Proporcionar por encima de la tubería, una capa de material escogido que sirva de amortiguador al impacto de las cargas exteriores.

Siempre que sea posible, se deberá utilizar el mismo material excavado para el relleno de la zanja.

Los materiales a utilizar en el relleno de la instalación de tuberías es el siguiente de acuerdo a sus características físicas.

Material selecto.

Es el material utilizado en el recubrimiento total de la tubería y que deberá cumplir con las siguientes características:

- Físicas. Deberá estar libre de desperdicios orgánicos o material compresible o destructible, el mismo que no debe tener piedras o fragmentos de piedras mayores a  $\frac{3}{4}$ " en diámetro.

El material será una combinación de arena, limo y arcilla bien graduada.

b) Químicas. Que no sea agresiva, a la tubería instalada en contacto con ella.

Material seleccionado.

Es el material utilizado en el relleno de las capas superiores que no tenga contacto con la tubería, debiendo reunir las mismas características físicas del material selecto, con la sola excepción de que puede tener piedras hasta de 6" de diámetro en un porcentaje máximo del 30%.

Si el material de la excavación no fuera el apropiado, se reemplazará por "Material de Préstamo".

*Cama de apoyo.*

La pendiente y el material del fondo de la zanja deben cumplir las especificaciones del proyecto. Cuando el tendido de las canalizaciones sea sobre el fondo de la zanja, ésta debe adaptarse a la pendiente y a la forma específica del tubo.

El tipo y la calidad del apoyo que tenga una tubería que ha sido tendida en una zanja, es otro factor que influye notablemente en la capacidad de soporte de los conductos enterrados. El fondo de la zanja debe conformarse para proveer un apoyo firme, estable y uniforme a lo largo de toda la longitud de la tubería.

Los materiales más económicos son: arena, fina o triturado pequeño, ya que su compactación se obtiene con un mínimo de apisonamiento. Con esta base, el objetivo primordial es evitar vacíos debajo y alrededor de cuadrante de la tubería, de tal forma que no se provoquen esfuerzos adicionales a flexión.

El fondo de la zanja deberá ser también continuo, plano y libre de piedras, troncos o materiales duros y cortantes. Deberá nivelarse también de conformidad con el perfil longitudinal de la canalización y quedar exento de cualquier obra antigua de mampostería.

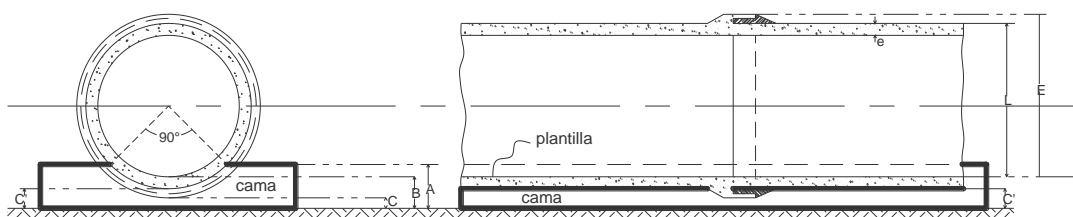
Para proceder a instalar las líneas de alcantarillado, previamente las zanjas excavadas deberán estar refinadas y niveladas. El refine consiste en el perfilamiento tanto de las paredes como del fondo, teniendo especial cuidado que no queden protuberancias rocosas que hagan contacto con el cuerpo del tubo.

A continuación se muestra los espesores de cama para tuberías de concreto simple y reforzado.

## Concreto simple.

DIAMETRO		A	B	C	C'	ESPEORES "e"			L	E
COMERCIAL	FABRICACION					TUBO	CAMPANA	JUNTA		
15	15.2	8	6.9	2.9	5.3	1.6	1.2	1.3	16.8	19.3
20	20.3	10	8.4	3.5	6.5	1.9	1.4	1.6	22.2	25.2
25	25.4	11	8.8	3.4	6.6	2.2	1.7	1.6	27.6	30.9
30	30.5	12	9.3	3.3	6.8	2.5	1.9	1.6	33.0	36.5
38	38.1	14	10.7	3.5	7.5	3.2	2.4	1.6	41.3	45.3
45	45.7	16	12.0	3.7	8.2	3.8	2.9	1.6	49.3	54.0

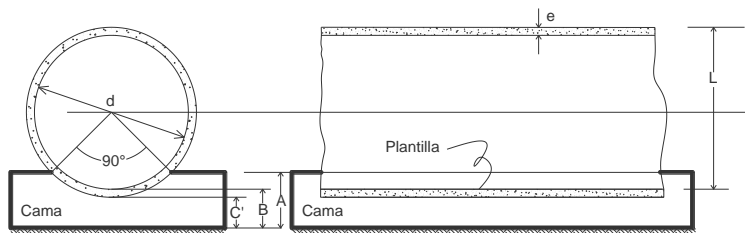
LOS VALORES DE TODAS LAS COLUMNAS ESTAN EXPRESADAS EN cm.



## Concreto reforzado.

DIAMETRO		A	B	C	ESPEORES "e"		L
COMERCIAL	FABRICACION				TUBO	JUNTA	
61	61.0	14	9.6	3.2	6.4	0.63	67.3
76	76.2	17	10.8	3.8	7.0	0.63	83.2
91	91.4	19	11.0	3.4	7.6	0.63	99.1
107	106.7	22	12.7	3.8	8.9	0.63	115.6
122	121.9	25	14.3	4.2	10.2	0.95	132.1
152	152.4	30	16.7	4.0	12.7	0.95	165.1
183	182.9	36	20.0	4.7	15.2	0.95	198.1
213	213.4	41	22.3	4.5	17.8	1.90	231.1
244	243.8	46	24.7	4.3	20.3	1.90	264.2

LOS VALORES DE TODAS LAS COLUMNAS ESTAN EXPRESADAS EN cm.



De acuerdo al tipo y clase de tubería a instalarse, los materiales de la cama de apoyo que deberá colocarse en el fondo de la zanja serán:

a) En terrenos normales y semi rocosos

Será específicamente de arena gruesa o gravilla, que cumpla con las características exigidas como material selecto a excepción de su granulometría. Tendrá un espesor no menor de 0.10 m, debidamente compactada o acomodada (en caso de gravilla), medida desde la parte baja del cuerpo del tubo. Sólo en caso de zanja, en que se haya encontrado material arenoso no se exigirá cama.

b) En terreno rocoso

Será del mismo material y condición del inciso "a", pero con un espesor no menor de 0.15 m.

*Primer relleno compactado.*

El primer relleno compactado que comprende a partir de la cama de apoyo de la tubería, hasta 0.30 m por encima del tubo, será de material selecto para terreno normal. Para otro tipo de terreno se usará una capa de material de préstamo (arena gruesa o grava de  $\frac{1}{4}$ " –  $\frac{1}{2}$ " )

Este relleno, se colocará en capas de 0,10 m de espesor terminado, desde la cama de apoyo, compactándolo íntegramente con pisones manuales de peso aprobado, teniendo cuidado de no dañar la tubería.

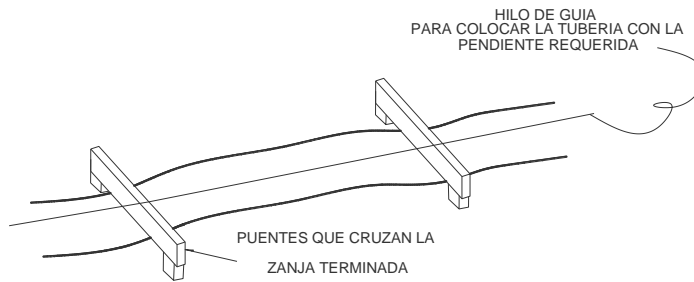
*Segundo relleno compactado.*

El segundo relleno compactado será con material seleccionado, entre el primer relleno y la sub-base, se harán por capas no mayores de 0.15 m de espesor, compactándolo con vibro-apisonadores, planchas y/o rodillos vibratorios.

### **VI.5 Puentes de referencia para el tendido de tuberías.**

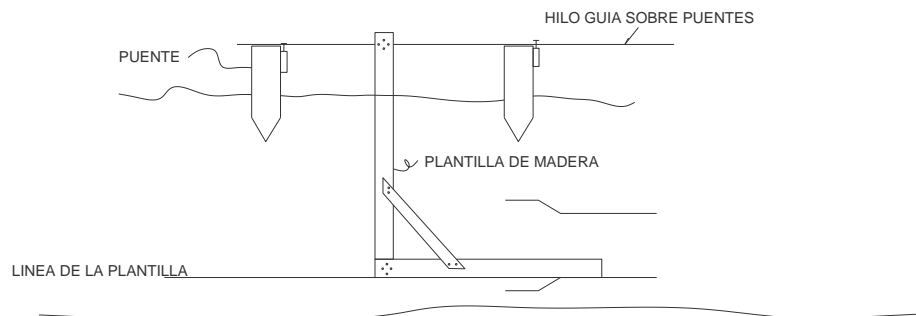
En los terrenos más o menos planos, la excavación de zanjas para el alcantarillado a menudo se convierte en una labor muy delicada, debido al pequeño gradiente de la tubería. Para evitar que alguno de los tubos se coloque demasiado alto o bajo, se necesita supervisar la excavación constantemente y llevar un control vertical por medio de puentes de referencia. Los travesaños de los puentes usados como referencia para el tendido de tuberías se colocan de manera que pasan sobre la zanja.

Los operarios que los ponen en su lugar van inmediatamente detrás de la máquina excavadora y los fijan en las estacas o postes previamente colocados, en ambos lados de la zanja. Con ayuda de un nivel de hilo, es bastante fácil transferir la cota de la estaca o del trompo a los puentes respectivos.



El travesaño se fija, de manera que quede a nivel y a una altura predeterminada sobre la plantilla del tubo. Para darles una referencia horizontal a los operarios que colocan las tuberías, se tienden hilos bastante tensos entre uno y otro puente y éstos sirven, al mismo tiempo, para verificar las medidas en el sentido vertical.

Para encontrar el nivel de plantilla de un tramo de tubería, los operarios utilizan un escantillón (patrón o guía) especial en forma de “L”, en el cual se maraca una distancia igual a la que debe haber entre el hilo tendido sobre los puentes y la plantilla del tubo; así la posición del tramo se establece exactamente a la altura especificada. Se recomienda verificar los puentes de referencia antes de cubrir la tubería y rellenar la zanja, para evitar equivocaciones y gastos que éstas originan.



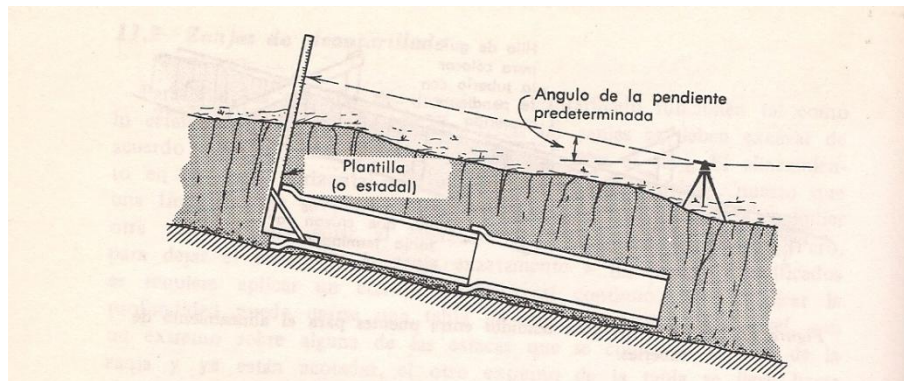
En algunas ocasiones los lados de la zanja no son lo suficientemente firmes, como para sostener los postes de los puentes. Aún puede darse el caso de que ni los trompos de la línea se puedan hincar y entonces, hay que colocarlos a distancias mayores de la acostumbrada de 1.8 m. En tales casos se tienen que utilizar técnicas diferentes, a veces es necesario que el ingeniero topógrafo obtenga continuamente las lecturas del estadal, asentado ya sea sobre la parte

superior, o bien sobre la plantilla de cada tramo de tubo que se va colocando en posición dentro de la zanja.

### **VI.6 El uso del tránsito para controlar el tendido de tuberías.**

Algunas veces se puede utilizar la visual del tránsito, con el telescopio inclinado, obteniéndose los mismos resultados que con los puentes y los hilos.

En este procedimiento el tránsito se alinea con la zanja y se ajusta la posición de su telescopio de manera que quede inclinado hacia arriba o hacia abajo, según sea necesario, para controlar el tendido de la tubería, de modo que se puede prescindir de puentes de referencia; Ahora bien si con el mismo instrumento se observa una mira u otra señal colocada sobre la máquina excavadora, se podría llevar simultáneamente el control de la profundidad de la zanja.



La desventaja que tiene este procedimiento es que una persona debe hacer las lecturas continuamente. Además, se necesita verificar con frecuencia el instrumento para cerciorarse que no se haya movido en un sentido o en otro.

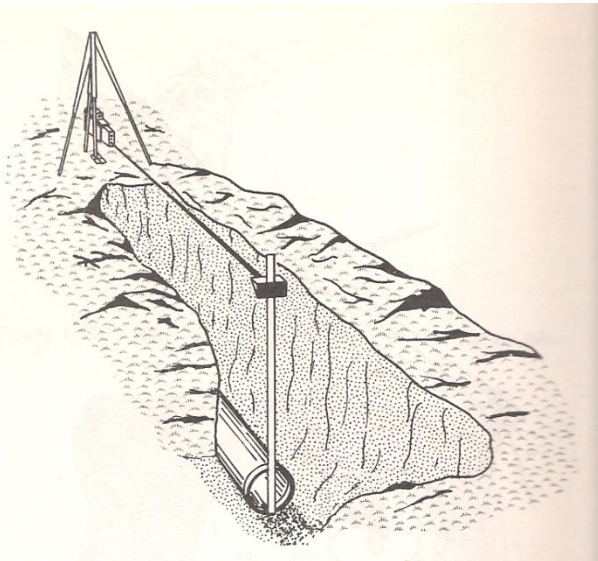
### **VI.7 Aplicación del laser para el tendido de tuberías.**

En la actualidad existe una técnica nueva, la del rayo laser, el cual se puede alinear con el eje de la zanja y seguir una trayectoria inclinada, a determinada altura sobre la plantilla del tubo. Una vez colocado el aparato en posición correcta, el haz le proporciona a los trabajadores todas las indicaciones que necesitan acerca de los niveles y alineamiento, además, el operador de la maquina también puede utilizar el rayo como guía, para hacer el corte hasta la profundidad correcta y según el alineamiento exacto.

El laser también permite sentar la tubería, prescindiendo de puentes de referencia, cuerdas o hilos, puesto que el escantillón en forma de L puede sostenerse sobre la plantilla del tubo y al interceptar el haz, servir como un medio de verificación instantánea.

Algunas máquinas modernas de excavación ya vienen provistas de servomecanismos sensibles a la luz que proporcionan un control automático de las máquinas. Estos sistemas de control tienen celdas fotoeléctricas, activadas por el laser. Cuando la excavadora empieza a salirse de la ruta marcada por el rayo, las celdas activan a su vez los relevadores de los controles de dirección, de modo que la excavadora, automáticamente, vuelve a su ruta.

Siempre se debe comprobar que el laser esté alineado correctamente. Esto se logra con ayuda de un tránsito, ubicado en el registro y bien alineado, apuntando en la dirección correcta, hacia adelante. Luego se echa una plomada en algún punto donde la zanja esté todavía abierta y se hace oscilar el laser de un lado a otro, hasta que su haz intercepte el hilo, determinando así la lineación correcta para el mismo. Bajando una cinta métrica o un estadal en el registro hasta interceptar tanto el haz laser como la visual del tránsito y haciendo lo propio en la parte de la excavación, hacia adelante, se puede verificar la dirección del laser en el sentido vertical.



Hay varias ventajas que se obtienen con el laser ya que no se necesita hincar ningún puente de referencia; se puede rellenar la excavación inmediatamente después de colocar los tubos; las verificaciones se hacen de manera mucho más rápida y eficaz, en ambos sentidos, tanto el horizontal como el vertical; se logra también un alineamiento más uniforme de las tuberías y se requiere menos personal para la ejecución de los trabajos.

## **CONCLUSIONES.**

El propósito de mejorar las condiciones sanitarias de los habitantes de la localidad de Santa Cruz, Municipio de Almoloya de Juárez, se ha cumplido, ya que el proyecto realizado y la obra, se han concluido satisfactoriamente, quedando pendiente, para una etapa posterior, la construcción de una planta de tratamiento.

Como se ha observado en este trabajo de tesis, la topografía es indispensable para la realización de proyectos ejecutivos, así como para la mayoría de los trabajos de construcción, que invariablemente comienzan con las mediciones que se efectúan sobre el terreno, no solo de drenajes sanitarios o pluviales, también para obras de agua potable, vías de comunicación, determinar superficies, catastro, etc.

Es por ello que los levantamientos deben efectuarse con mucho cuidado, tratando siempre de minimizar los errores que se puedan producir, verificando que los instrumentos de trabajo cumplan con las condiciones aquí descritas, realizando también, las correspondientes compensaciones de poligonales y nivelaciones.

Con el avance de la tecnología se ha simplificado en gran medida los trabajos de topografía que se realizan tanto en campo como en gabinete, lo que ha originado que muchos profesionistas de otras carreras, o empíricos formados en empresas, la mayoría gubernamentales, invadan nuestra área de trabajo, pero como se ha mencionado, la mayoría de las obras de construcción parten de los estudios topográficos, por ello debe realizarse con personal preparado y no improvisado, ya que en algunas ocasiones al presentarse problemas con los instrumentos de topografía, no se sabe cómo realizar los ajustes correspondientes, o a la hora de efectuar, por ejemplo, un cálculo de coordenadas, no se tienen los conocimientos necesarios para realizarlos, ni para solucionar el problema, originando pérdidas de tiempo y en ocasiones gastos.

A pesar de que este proyecto se llevo a cabo en coordinación con ingenieros civiles, se puede observar que la topografía realizada en esta obra de drenaje sanitario fue indispensable, ya que fue la base para la elaboración del proyecto así como proporcionó todos los datos pertinentes durante la construcción de la obra, a fin de que los hombres y las maquinas ejecuten las diferentes labores de construcción sin desperdiciar esfuerzo y tiempo.

Para finalizar, este trabajo de tesis, será útil para todas las personas que, de una manera u otra, intervienen en la construcción de drenajes sanitarios ya que podrá servir como referencia para posteriores proyectos, puesto que en él se describen las partes más importantes que deben contener dichos proyectos, así como algunos lineamientos para efectuar los levantamientos topográficos, componentes que integran un sistema de alcantarillado, y algunos métodos para llevar el control de la excavación y el tendido de tubería durante los trabajos de construcción.



## **BIBLIOGRAFÍA.**

Davis-Foote-Kelly.

“Tratado de Topografía”.

Editorial Aguilar, Tercera Edición.

B. Austin Barry.

“Topografía Aplicada a la Construcción”.

Editorial Limusa, Segunda Edición.

A.Bannister S. Raymond.

“Técnicas Modernas en Topografía”.

Editorial Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México 1987.

Miguel Montes de Oca.

“Topografía”.

Editorial Alfaomega, Cuarta Edición 1996.

Donaciano Vargas Ordoñez.

“Monografía Municipal de Almoloya de Juárez”.

Instituto Mexiquense de Cultura, Primera Edición.

Comisión Nacional del Agua.

“Programa Hidráulico Integral 2002-2005”.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

“XII Censo General de Población y Vivienda 2000”.