

IV.13.6.- ADMINISTRACION.

Una administración eficiente controlara mejor el consumo de agua reduciendo las fugas y desperdicios, y vigilando las conexiones clandestinas.

Para realizar la labor anterior se debe contar con equipos especializados, como amplificadores electrónicos de sonido o trazadores radioactivos débiles y de corta vida, los cuales son muy costosos y no están al alcance de la capacidad de adquisición de todos los municipios.

IV.13.7.- MEDIDORES Y TARIFAS.

Al instalar un sistema nuevo de acueducto, puede ser que en un principio no se instalen medidores y tampoco se cobre por el uso del agua. Con el tiempo el consumo se incrementa y se instalan medidores, lo cual causa un impacto psicológico sobre los consumidores, por lo que el consumo disminuye. Posteriormente el consumo aumenta y es entonces necesaria la implementación de un sistema de tarifas para racionalizar el consumo de agua.

V.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE.

El proyecto consiste principalmente en el diseño de un sistema de alcantarillado y agua potable para un fraccionamiento de 688 viviendas de interés social de dos niveles en un terreno de 4.7 hectáreas, cuyo numero de habitantes es de 3440, el área de cada uno de los lotes es de 63 metros cuadrados y el de cada una de las viviendas es de 62 metros cuadrados, los gastos utilizados para el diseño son gasto mínimo diario que es de 4.48 l.p.s. y otro es el gasto medio diario que es de 8.96 l.p.s, también fue utilizado para el diseño el numero de Manning que es de $n = 0.009$ para la tubería de PVC y $n = 0.011$ para la tubería de acero estos son solo algunos de los datos necesarios para el diseño.

V.1.- TUBERIA PRINCIPAL PARA EL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

La tubería principal propuesta para el sistema de alcantarillado es de PVC hidráulico de 3" de diámetro y la cual es colocada sobre una plantilla de arena de 10 cm para evitar lastimar la tubería, dicha tubería se conectara a la red de alcantarillado ya existente para su descarga y de hay ser tratada con las demás aguas negras de la ciudad.

V.2.- TOMA DOMICILIARIA.

La tubería propuesta para las descargas domiciliarias es de tubo de cobre flexible de 3/4" de diámetro la cual es colocada en una plantilla de arena de 10 cm para evitar lastimar la tubería, esta tubería se coloca a la principal por medio de abrazaderas y válvulas de inserción de FoFo, además de un empaque de hule para evitar fugas de agua con las presiones ejercidas en la tubería.

V.3.- TIPO DE SUELO.

El tipo de suelo en este terreno en su mayoría es tipo c por lo cual para poder dar las pendientes requeridas en ambas tuberías, se tubo que recurrir a la excavación con maquinaria pesada además de martillo neumático una vez colocadas las tuberías las zanjas fueron rellenadas por capas de 20 cm de espesor compactadas con una compactadora manual.

V.4.- PESO PROMEDIO EN Kg POR TRAMO DE UN METRO, EN TUBOS DE PVC.

V.4.1.- TUBOS AZULES (SERIE METRICA).

Diámetro nominal	Clase 5	Clase 7	Clase 10	Clase 14	Clase 20
32			0.227	0.240	0.313
50			0.423	0.543	0.755
56		0.407	0.499	0.679	0.938
63		0.459	0.640	0.855	1.160
70		0.570	0.772	1.080	1.537
80	0.587	0.754	1.034	1.371	1.897
100	0.863	1.157	1.610	2.152	2.925
110	1.045	1.391	1.912	2.597	3.532
125	1.296	1.742	2.439	3.343	4.503
140	1.633	2.280	3.116	4.184	5.647
160	2.108	2.882	4.004	5.419	7.431
200	3.282	4.502	6.234	8.445	11.503
250	5.076	6.968	9.703	13.170	18.009
315	8.162	11.076	15.430	20.938	28.678

V.4.2.- TUBOS GRISES (SERIE INGLESA).

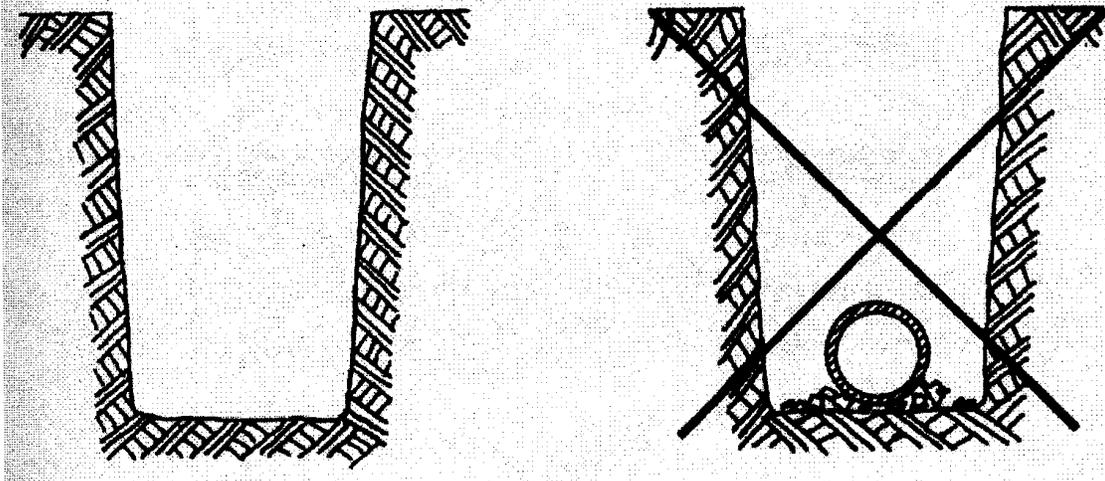
Medida nominal	RD - 13.5	RD - 17	RD - 21	RD - 26	RD - 32.5	RD - 41
32	0.575	0.478	0.396	0.328		
38	0.753	0.607	0.513	0.437	0.358	
50	1.161	0.956	0.792	0.648	0.550	0.451
60	1.707	1.371	1.070	0.938	0.760	0.640
75	2.522	2.018	1.654	1.369	1.115	0.931
90	3.276	2.662	2.165	1.779	1.448	1.196
100	4.169	3.349	2.746	2.243	1.824	1.493
125	6.358	5.130	4.192	3.429	2.737	2.270
150	9.038	7.290	5.976	4.900	3.940	3.138
200	15.197	12.338	10.072	8.231	6.623	5.280
250	23.485	19.200	15.737	12.846	10.342	8.307
300	33.173	26.927	22.123	18.110	14.612	11.593

V.5.- PROFUNDIDAD Y ANCHOS DE LAS ZANJAS.

TABLA III. PROFUNDIDAD Y ANCHO DE LAS ZANJAS

Tubos grises serie inglesa		Tubos azules serie métrica	Ancho de la zanja (BD), en cm		Profundidad de la zanja (H), en cm		Volumen de excavación, por m lineal
Diámetro nominal	Diámetro exterior real mm (D)	Diámetro exterior real, en mm (D)	Para unión fuera de zanja (BD)	Para unión dentro de zanja (BD)	Para zona rural (1) (H)	Para zona urbana (2) (H)	Para unión dentro de zanja, en zona urbana, m ³
25	33.4	32	40	45	55	65	0.293
32	42.2	50	40	45	55	65	0.293
38	48.3	56	40	45	65	65	0.293
50	60.3	63	40	50	65	70	0.350
60	73.0	70	45	55	65	80	0.440
75	88.9	80	45	55	70	90	0.495
90	101.6	100	50	60	70	90	0.540
100	114.3	110	50	60	70	90	0.540
125	141.3	140	50	60	75	100	0.600
150	168.3	160	50	70	75	100	0.700
200	219.1	200	65	70	80	115	0.805
250	273.0	250	65	75	80	115	0.863
300	323.9	315	65	75	85	115	0.863

- (1) En las instalaciones rurales con terrenos inclinados, la profundidad de la zanja debe ser un metro como mínimo, para evitar que los arrastres de tierra dejen el tubo al descubierto.
 (2) En las calles la tubería se coloca en el arroyo, de preferencia junto a la banqueta.



V.6.- ATRAQUES.

En una línea que trabaja a presión interna y tiene un extremo cerrado, se producen esfuerzos axiales, iguales al producto de la presión de agua por el área de la sección de la tubería. Este empuje puede alcanzar varias toneladas y se presenta en los puntos siguientes: en donde hay cambio de dirección (codos, tes.) y en las terminales.

Los atraques tienen por objeto evitar que, por efecto de los empujes producidos por la presión, la línea se mueva y se afectan sus acoplamientos.

V.6.1.- FACTORES QUE DEBEN CONSIDERARSE.

El tamaño y tipo de atraque por instalar depende de los esfuerzos que se produzcan, y estos, a su vez, dependen de los siguientes factores: diámetro de la tubería, presión máxima en la línea (presión de prueba de campo), tipo de accesorios, ángulo de deflexión y tipo de suelo..

V.6.2.- SUPERFICIE DE APOYO DEL ATRAQUE EN EL TERRENO (P).

RESISTENCIA QUE OPONE EL TERRENO (P) A LA INTRODUCCION DEL ATRAQUE.

TABLA IV. RESISTENCIA QUE OPONE EL TERRENO (P) A LA INTRODUCCION DEL ATRAQUE

Tipo de suelo	P kg/cm ²
Terreno blando (lodoso, barro suave)	0.4
Terreno rígido (arena)	1.0
Terreno semifirme (arena y grava)	2.0
Terreno duro	4.0
Terreno rocoso	15.0

V.6.3.- SUPERFICIE DE APOYO DEL ATRAQUE EN EL TERRENO (A).

TABLA V. SUPERFICIE DE APOYO DEL ATRAQUE EN EL TERRENO (A)

Diámetro de la tubería		50	60	75	100	125	150	200	
F 15 kgf/cm ²		468	663	954	1425	2308	3015	5962	
$\alpha = 90^\circ$	R	662	938	1349	2016	3264	4264	8432	
	A (cm ²)	P=1 kgf/cm ²	662	938	1349	2016	3264	4264	8432
		P=2 kgf/cm ²	331	469	645	1008	1632	2132	4216
		P=0.4 kgf/cm ²	1655	2345	3373	5038	8160	10660	21078
$\alpha = 45^\circ$	R	358	507	730	1091	1767	2308	4563	
	A (cm ²)	P=1 kgf/cm ²	358	507	730	1091	1767	2308	4563
		P=2 kgf/cm ²	179	254	365	546	884	1154	2282
		P=0.4 kgf/cm ²	895	1268	1825	2728	4418	5770	11408
$\alpha = 22^\circ$	R	179	253	364	544	881	1151	2275	
	A (cm ²)	P=1 kgf/cm ²	179	253	364	544	881	1151	2275
		P=2 kgf/cm ²	90	127	182	272	441	576	1138
		P=0.4 kgf/cm ²	448	633	910	1360	2203	2878	5688

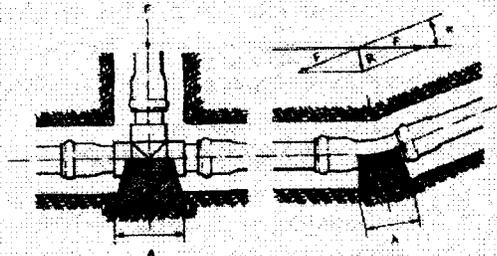


Figura 13

- A = Superficie de apoyo necesario para el atraque, en cm²;
 F = Fuerza resultante de la presión interna de 15 kg/cm²;
 α = Angulo de deflexión de la conexión.
 P = Resistencia que opone el terreno a la introducción del atraque, en kgf/cm².
 R = Fuerza de empuje

V.6.4.- CONSTRUCCION DE ATRAQUES.

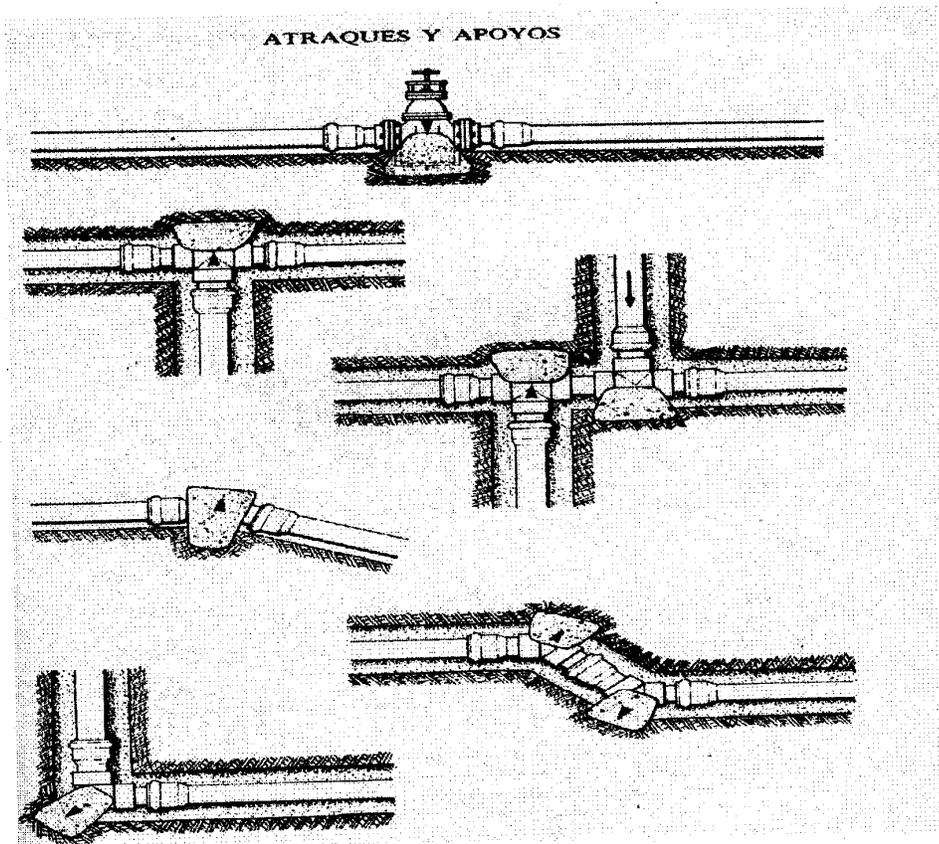
Los atraques constituyen medios de anclaje entre la tubería, accesorios y la pared de la zanja; deben construirse y tener resistencia adecuada antes de la prueba de presión.

El tipo de atraque recomendable es el de concreto, construido con una mezcla compuesta de: una parte de cemento, dos de arena lavada y cinco de grava.

Los atraques deben construirse de manera que la superficie de apoyo (A) este en línea directa con la fuerza principal generada por el tubo o accesorio.

Nunca se deben usar cuñas o tacos de madera como atraque.

La construcción de los atraques debe hacerse a plomo con la terminación de la campana de cada tubo o conexión; se excava el piso en dirección horizontal, creando un asiento debajo de la campana para recibir el concreto que al colocarse debe abrazar parte de la campana, y que al fraguar se rigidiza.

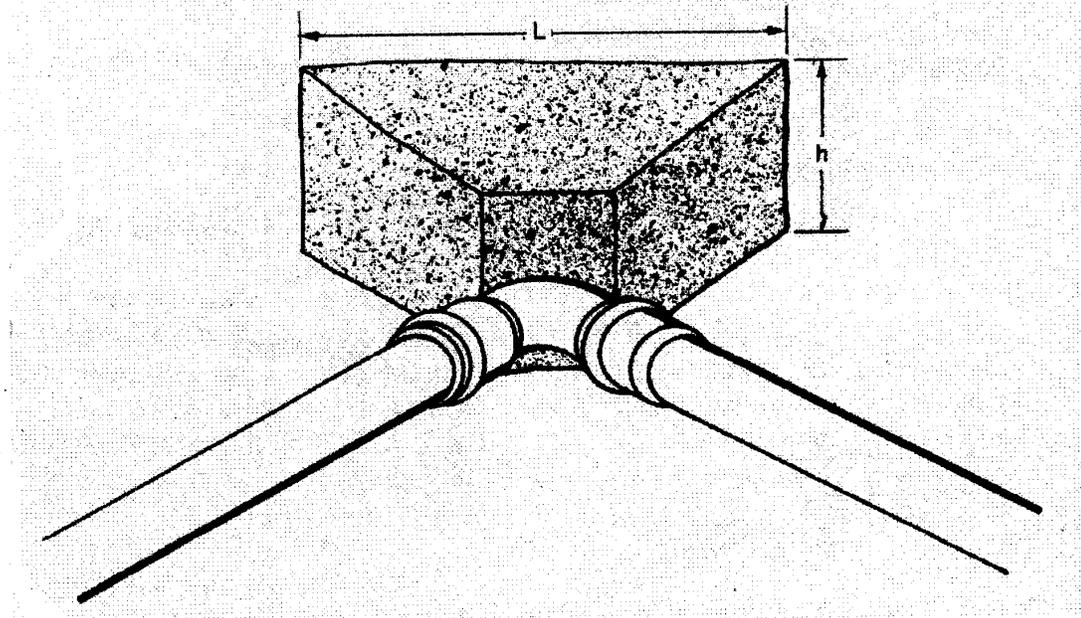


V.6.5.- DIMENSIONES DE LOS ATRAQUES Y APOYOS.

Para fines prácticos se sugiere las dimensiones de la tabla que a continuación se presenta, estas dimensiones han sido calculadas conservadoramente y son validas para codos de 45 y 90 grados, tes y terminales.

TABLA VI. DIMENSIONES DE LOS ATRAQUES

Diámetro exterior del tubo D	Medidas de los atraques en m.	
	h	L
50-63	0.2	0.4
75-90	0.3	0.5
100-125	0.4	0.6
150	0.4	0.8
200	0.5	0.9



V.6.6.-INSTALACION DE ATRAQUES EN TERRENO INCLINADO.

Cuando la tubería deba instalarse en terrenos inclinados y en aquellos que presenten peligro de escurrimiento, o bien en donde las aguas puedan socavar el lecho de la tubería, debe asegurarse la tubería contra posibles deslizamientos por medio de atraques. Se debe tener especial cuidado en acostillar la tubería en toda su longitud. Para los casos en que la inclinación es de 45 grados o más, debe atracarse cada acoplamiento.

V.7.- INSTALACION DE ACCESORIOS PARA REGULAR EL SISTEMA.

Como todos los tipos de conductos, la tubería de PVC necesita accesorios para asegurar el buen funcionamiento del sistema. Estos accesorios son:

- Válvulas eliminadoras de aire.
- Cajas rompedoras de presión.

V.7.1.- VALVULAS ELIMINADORAS DE AIRE.

Estas válvulas generalmente son de funcionamiento automático. Se utilizan también llaves comunes. Estas válvulas sirven especialmente para el llenado inicial de la tubería, para la prueba hidráulica de la instalación y para su operación.

V.7.2.- CAJAS ROMPEDORAS DE PRESION.

Cuando en el caso de pendientes muy pronunciadas es necesario reducir la presión en la red, se recomienda instalar cajas rompedoras de presión, que son pequeños depósitos en los que el agua pierde su presión por aumento de volumen.

V.8.- PRUEBA HIDRAULICA DE LA INSTALACION.

V.8.1.- ALCANCE.

Esta prueba es aplicable a las líneas para abastecimiento de agua, conducción de productos industriales y, en general, para todos aquellos sistemas destinados a la conducción de líquidos a presión, ya sean con acoplamiento espiga – campana, cementado, roscado, bridado o cualquier otro tipo de acoplamiento.

V.8.2.- PROPOSITO.

El propósito de la prueba es comprobar que no hay fugas de agua en la línea y que, por tanto, el acoplamiento de los tubos se hizo en forma correcta.

Se recomienda probar tramos máximos de 500 m y no menores a los existentes entre cruceo y cruceo (en redes).

Las dos etapas en que consiste la prueba son

1.- Llenado de la tubería con agua a muy baja presión (máximo 1 kg/cm²), lo cual tiene por objeto eliminar lentamente el aire del sistema y detectar las posibles fugas graves en la instalación.

2.- Aumento de la presión hasta 1.5 veces la presión de trabajo, sosteniéndola durante 2 horas continuas. Esto tiene por objeto comprobar la hermeticidad de la instalación a una presión superior a la que normalmente funcionara la línea.

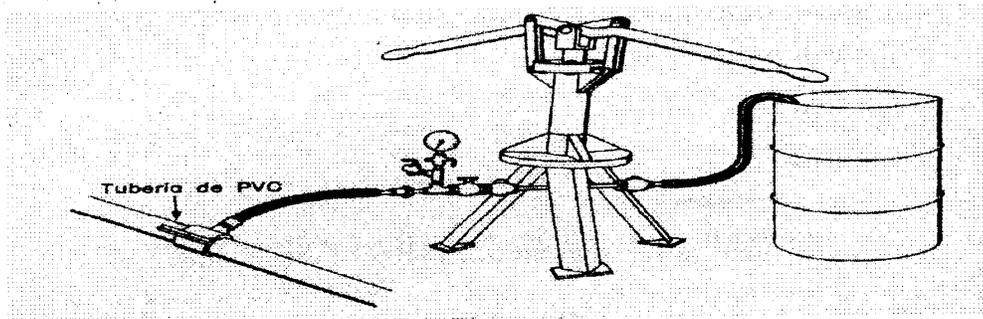
V.8.3.- EQUIPO NECESARIO.

Bomba hidráulica manual, equipada con manómetro de capacidad apropiada, válvula de retención y tubería flexible para acoplar la bomba a la tubería que se va a probar.

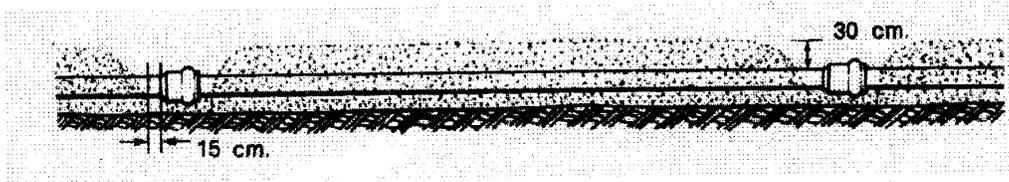
V.8.4.- PREPARACION DE LA PRUEBA.

Los atraques deben estar contruidos y endurecidos; se recomienda que la prueba se efectuó como mínimo 3 días después de terminado él ultimo atraque.

La tubería debe estar correctamente apoyada y el relleno de la zanja debe ser parcial y a una altura mínima de 30 cm sobre el lomo del tubo, para mantener la tubería en posición y evitar que la presión interna del agua la levante.



Todos los acoplamientos deben quedar visibles para comprobar su hermeticidad, para efectuar cualquier reparación si fuese necesaria.



Para casos de tubería cementada, la prueba hidráulica de instalación debe llevarse a cabo por lo menos 24 horas después de haberse terminado el último cementado.

Las válvulas eliminadoras de aire deben estar instaladas en los puntos adecuados.

Los extremos del tramo por probar deben estar cerrados, tomando en cuenta que el empuje en estos puntos puede alcanzar valores muy altos; por consiguiente, los accesorios que se usen en la prueba deben ser lo suficientemente fuertes y estar colocados en forma adecuada para resistir dicho empuje sin que se dañe el tubo que está bajo prueba.

V.8.5.- PURGA DE AIRE EN LA TUBERÍA.

Al llenar de agua una tubería vacía, parte del aire que la ocupa puede quedar atrapado. Este aire, debido a su gran compresibilidad, puede ocasionar problemas cuando no se expulsa de la tubería, aun cuando la presión de prueba o de trabajo sea pequeña. Esto también puede provocar obstrucciones y serias averías en el sistema razón por la cual debe ser totalmente eliminado.

Para lograr esto es necesario que en los puntos más altos del tramo por probar, se coloquen válvulas eliminadoras de aire u otro dispositivo adecuado.

En las líneas de conducción para el abastecimiento de agua, deben prever los puntos adecuados para colocar las llaves eliminadoras de aire necesarias, a fin de obtener un funcionamiento adecuado del sistema.

El llenado de la tubería debe hacerse lentamente, una vez eliminado todo el aire se procede a cerrar la válvula o dispositivo y se aplica la presión de prueba.

V.8.6.- PROCEDIMIENTO.

La prueba consiste en dos etapas; la primera etapa la constituye a llenado lento de la tubería y la purga de aire.

La segunda etapa se inicia al comenzar a elevar la presión hasta 1.5 veces la presión de trabajo del sistema.

Durante los 15 minutos siguientes a la obtención de la presión de prueba, esta normalmente disminuye debido a la elasticidad de los tubos de PVC (la elasticidad aumenta cuando se incrementa la temperatura ambiente) y al acomodamiento de los anillos de hule.

En la practica se recomienda dejar transcurrir otros 15 minutos como mínimo, después del descenso de la presión en el manómetro, para volver al valor deseado, el cual debe mantenerse entre 1 ½ a 2 horas.

Cuando no existen fugas, las causas principales de disminución en la presión son las siguientes:

- Elasticidad de los tubos.
- Variaciones de la temperatura ambiente.
- Manómetro en mal estado.
- Fallas en la bomba de presión o en la válvula de retención.

Si se tiene la seguridad de que no existe ninguna de estas causas, la inestabilidad del manómetro nos indicara la existencia de fugas en la línea. En este caso se procede a recorrer la línea examinando todas las uniones hasta descubrir la mancha de humedad.

Las fugas más comunes en las tuberías de PVC se deben a las siguientes causas:

- Anillo mal colocado, o falta de anillo en el acoplamiento espiga – campana.
- Acoplamiento mal cementado.
- Rotura en el tubo o en los accesorios debido a maltrato mecánico durante su transporte o manejo.

-
- Desacoplamiento de la unión, por falta de atraque en un cambio de dirección, o en una pendiente.
 - Válvula abierta en algún punto de la red.
 - Válvula (s) defectuosa (s).

V.8.7.- ACEPTACION DE LA PRUEBA.

Debe hacerse un reporte completo de la prueba, aprobado y firmado por los responsables de la instalación. Dicho documento debe incluir los siguientes datos:

- Equipo de prueba utilizado y sus características.
- Situación de la instalación antes de la prueba.
- Purga de aire.
- Tipo y número de pruebas efectuadas.
- Tiempo utilizado en la prueba y hora del día en que esta se efectuó.
- Temperatura ambiente.
- Descenso de la presión.
- Tipo y número de fugas.
- Inspección.
- Reparaciones.
- Observaciones.

V.8.8.- LAVADO Y DESINFECCION DE LA TUBERIA.

Todos los sistemas de agua potable después de su instalación o reparación y antes de ser puestas en servicio, deben lavarse y desinfectarse.

Las causas de contaminación durante la instalación o reparación de una línea de PVC pueden ser:

- Infección por el fango y aguas de la zanja.
- La aportada por los obreros durante dichas operaciones.

- La introducción de animales o materias extrañas.

Para el lavado de la tubería, se recomienda inyectar agua por un extremo, a una velocidad aproximada de 1.8 m/s, y dejar abierto el extremo opuesto de la línea; esto hará remover y desalojar las posibles materias extrañas.

Para la desinfección se emplean diversos procedimientos; uno de los mas sencillos y económicos es hacer circular una solución de 50 mg/l de hipoclorito de sodio en agua.

Por ningún motivo debe colocarse en la tubería sodio o hipoclorito de calcio secos, puesto que puede ocasionarse una explosión cuando el tubo se llena con agua.

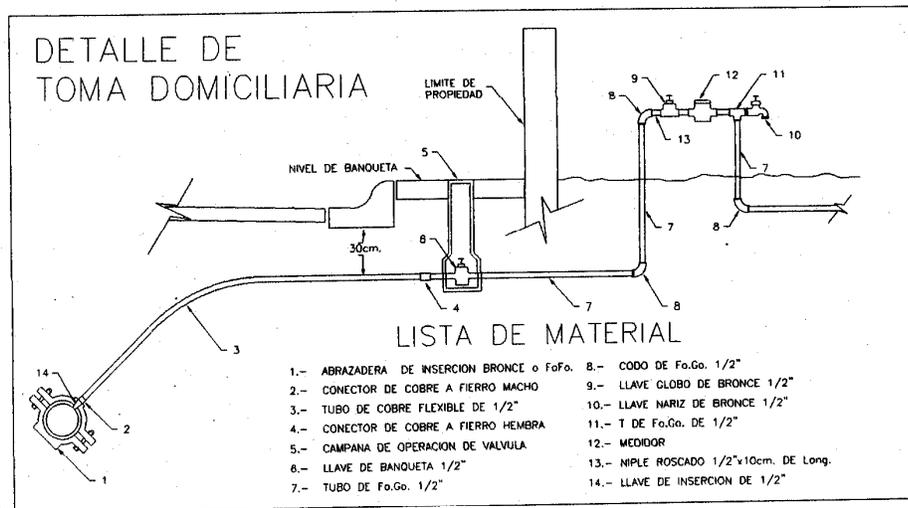
V.9.- DATOS DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE.

DATOS DE PROYECTO					
AREA HABITACIONAL		USO EQUIPAMIENTO URBANO:		USO COMERCIAL	
NUMERO DE LOTES:	688 VIV.	AREA DE EQUIPAMIENTO	0.26099 Has.	AREA COMERCIAL	0.248303 Has.
DENSIDAD DE POBLACION	5 HAB/VIV.	DOTACION	1.00 LPS/Has	DOTACION	0.60 LPS/Has
NUMERO DE DE HABITANTES	3440 HAB.	GASTO MEDIO	0.2609 L.P.S.	GASTO MEDIO	0.14898 L.P.S.
DOTACION	300 Lts/Hab Dia	GASTO MAX. DIARIO	0.3261 L.P.S.	GASTO MAX. DIARIO	0.2230 L.P.S.
COEFICIENTES:		GASTO MAX. HORARIO	0.5867 L.P.S.	GASTO MAX. HORARIO	0.3345 L.P.S.
DE VARIACION DIARIA.	1.30	COEFICIENTES:		COEFICIENTES:	
DE VARIACION HORARIO.	1.50	DE MAXIMO DIARIA.	1.25	DE MAXIMO DIARIA.	1.50
GASTOS:		DE MAXIMO HORARIO.	2.25	DE MAXIMO HORARIO.	1.50
MEDIO DIARIO	11.94L.P.S.				
MAXIMO DIARIO	15.52 L.P.S.				
MAXIMO HORARIO	17.91 L.P.S.				

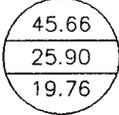
V.9.1.- CANTIDADES DE OBRA.

CANTIDADES DE OBRA	
EXCAVACION EN ZANJAS. _____	1408.65 m ³
PLANTILLA APISONADA Y _____ COMPACTADA	140.87 m ³
RELLENO APISONADO Y _____ COMPACTADO AL 90% PROCTOR. _____	1191.48 m ³
INSTALACION DE TUBERIA DE PVC HIDRAULICO DE 100 MM DE DIAMETRO _____	1916.58 ml
INSTALACION DE TUBERIA DE PVC HIDRAULICO DE 75 MM DE DIAMETRO _____	431.17 ml
CAJAS DE VALVULAS _____	2 Pzo.
TOMAS DOMICILIARIAS _____	688 TOMAS

V.9.2.- DETALLE DE TOMA DOMICILIARIA.



V.9.3.- SIMBOLOGIA.

SIMBOLOGIA		
TUBERIA:	PROYECTO	EXISTENTE
TUBERIA DE 200mm (6").		
TUBERIA DE 75mm (4").		
TUBERIA DE 75mm (4").		
VALVULA DE SECCIONAMIENTO.		
NUMERO DE CRUCERO		
LONGITUD DE TRAMO EN Mts:	L=45.00	
COTA PIEZOMETRICA.		
COTA DE TERRENO.		
CARGA DISPONIBLE		

V.9.4.- SIGNOS CONVENCIONALES.

SIGNOS CONVENCIONALES	
DE FIERRO FUNDIDO:	
CRUZ BRIDADA.	
TEE BRIDADA.	
VALVULA DE SECCIONAMIENTO BRIDADA.	
JUNTA MECANICA	
REDUCCION	
DE P.V.C.	
TEE.	
CODO 45°	
CODO 22°30'	
TAPON CAMPANA.	
EXTREMIDAD CAMPANA.	
EXTREMIDAD ESPIGA	
REDUCCION CAMPANA	
COPEL DE REPARACION.	

V.10.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO.

El proyecto consiste principalmente en el diseño de un sistema de alcantarillado y agua potable para un fraccionamiento de 688 viviendas de interés social de dos niveles en un terreno de 4.7 hectáreas, cuyo número de habitantes es de 3440, el área de cada uno de los lotes es de 63 metros cuadrados y el de cada una de las viviendas es de 62 metros cuadrados, los gastos utilizados para el diseño son un mínimo diario de 4.48 l.p.s. y otro es el gasto medio diario de 8.96 l.p.s, también fue utilizado para el diseño el número de Manning que es de $n = 0.009$ para la tubería de PVC y $n = 0.011$ para la tubería de acero estos son solo algunos de los datos necesarios para el diseño.

V.10.1.- DESCRIPCION DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales.

V.11.- ORIGENES DE LAS AGUAS RESIDUALES.

V.11.1.- AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos.

Esta agua está compuesta por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

V.11.2.- AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES.

Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente respecto a las aguas domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

V.11.3.- AGUAS DE LLUVIA.

Proviene de la precipitación pluvial y debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos.

V.12.- TIPOS DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO.

El tipo de alcantarillado que se ha de usar, depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Por ejemplo, en algunas localidades pequeñas, con determinadas condiciones topográficas, se podría pensar en un sistema de alcantarillado sanitario inicial, dejando las aguas de lluvia correr por las calzadas de las calles. La anterior condición permite aplazar la construcción del sistema de alcantarillado pluvial hasta que el problema de las aguas de lluvias sea de alguna consideración.

El unir las aguas residuales con las aguas de lluvia, es decir un alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que este caudal combinado es muy variable en cantidad y calidad, lo cual genera perjuicios en los procesos de tratamiento. Se debe procurar, entonces, hasta donde sea posible, una solución separada al problema de la conducción de aguas residuales y aguas lluvias.

V.12.1.- ALCANTARILLADO SANITARIO.

Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domésticas e industriales.

V.12.2.- ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.

V.12.3.- ALCANTARILLADO COMBINADO.

Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de lluvias.

V.12.4.- CLASIFICACION DE LAS TUBERIAS.

V.12.5.- LATERALES O INICIALES.

Reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios.

V.12.6.- SECUNDARIAS.

Reciben el caudal de dos o más tuberías iniciales.

V.12.7.- COLESTOR SECUNDARIO.

Recibe el desagüe de dos o más tuberías secundarias.

V.12.8.- COLECTOR PRINCIPAL.

Capta el caudal de dos o más colectores secundarios.

V.12.9.- EMISARIO FINAL.

Conduce todo el caudal de aguas residuales o lluvias a su punto de entrega, que puede ser una planta de tratamiento o un vertimiento a un cuerpo de agua como un río, lago o mar.

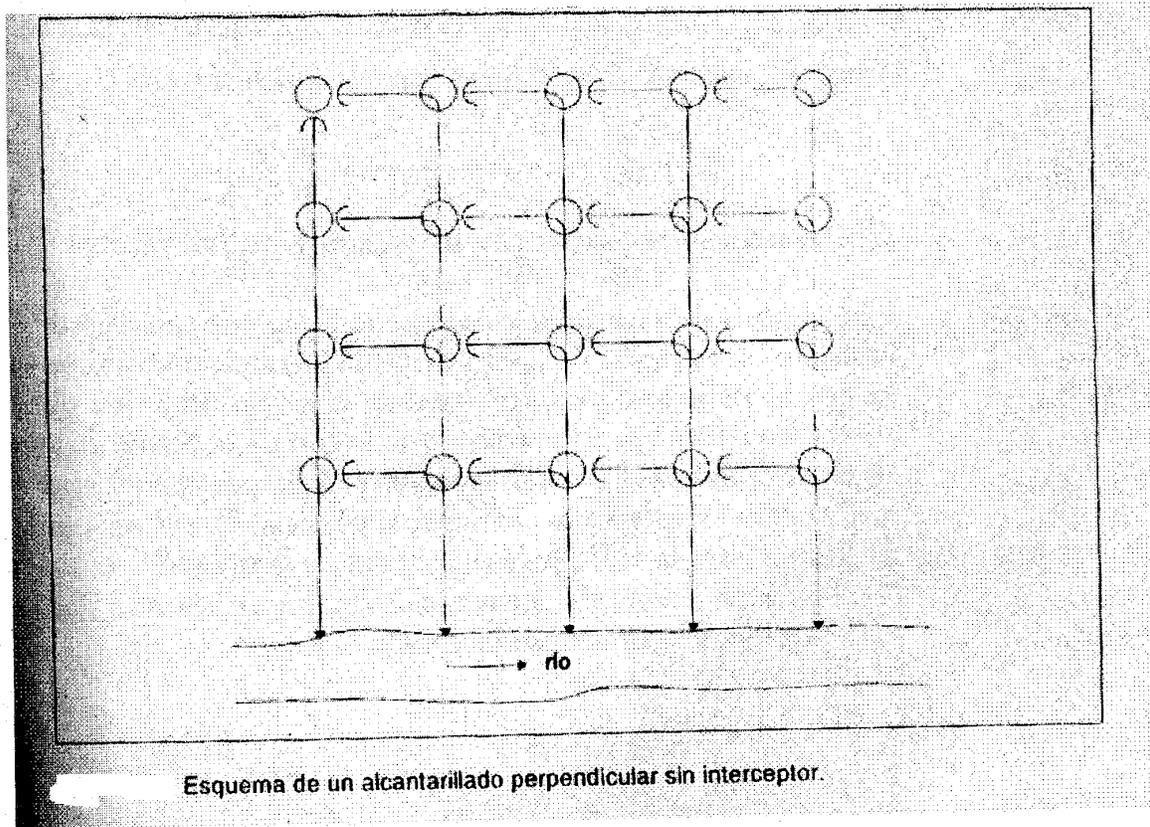
V.12.10.- INTERCEPTOR.

Es un colector colocado paralelamente a un río o canal.

V.13.- DISPOSICION DE LA RED DE ALCANTARILLADO.

V.13.1.- SISTEMA PERPENDICULAR SIN INTERCEPTOR.

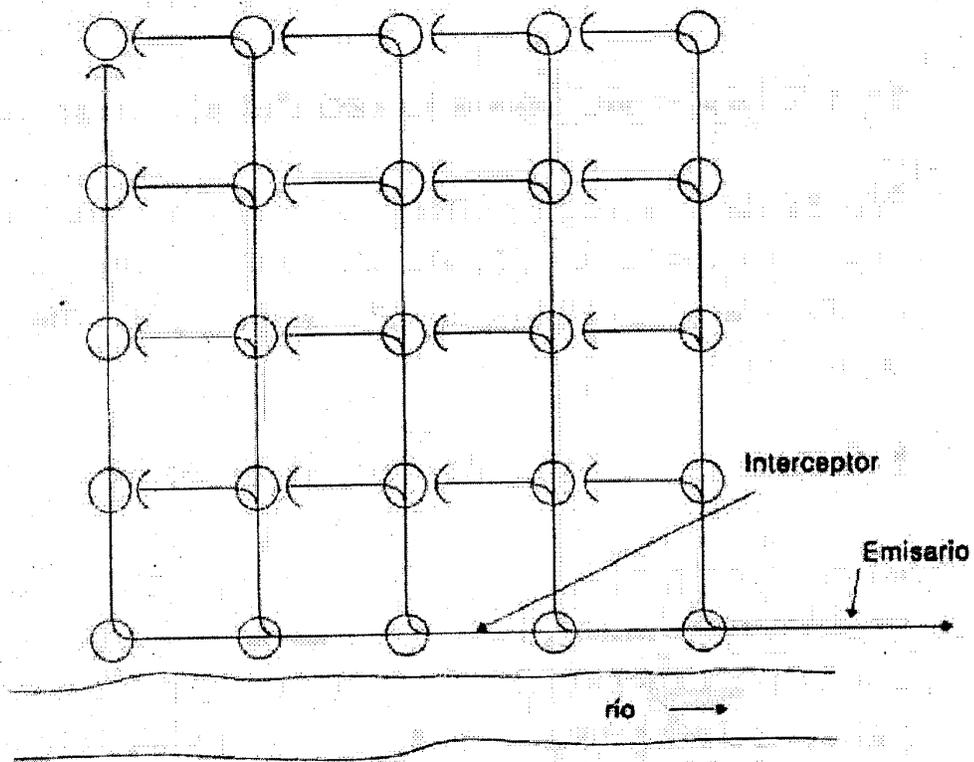
El sistema perpendicular sin interceptor, es un sistema adecuado para un alcantarillado pluvial, ya que sus aguas pueden ser vertidas a una corriente superficial en cercanías de la población sin que haya riesgos para la salud humana ni deterioro de la calidad del cuerpo receptor.



Esquema de un alcantarillado perpendicular sin interceptor.

V.13.2.- SISTEMA PERPENDICULAR CON INTERCEPTOR.

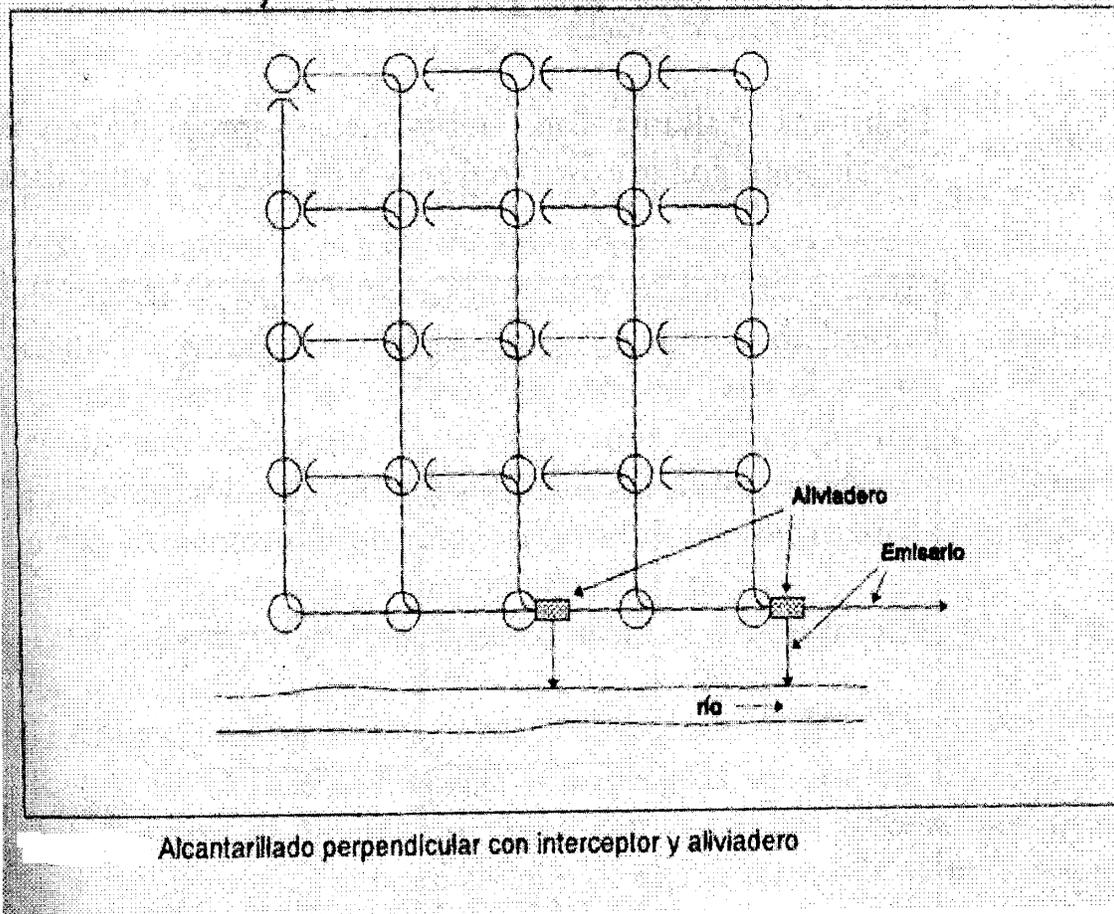
El sistema de alcantarillado perpendicular con interceptor es utilizado para alcantarillados sanitarios. El interceptor recoge el caudal de aguas residuales de la red y lo transporta a una planta de tratamiento de aguas residuales o vierte el caudal a la corriente superficial aguas debajo de la población para evitar riesgos contra la salud humana.



Esquema de un alcantarillado perpendicular con interceptor.

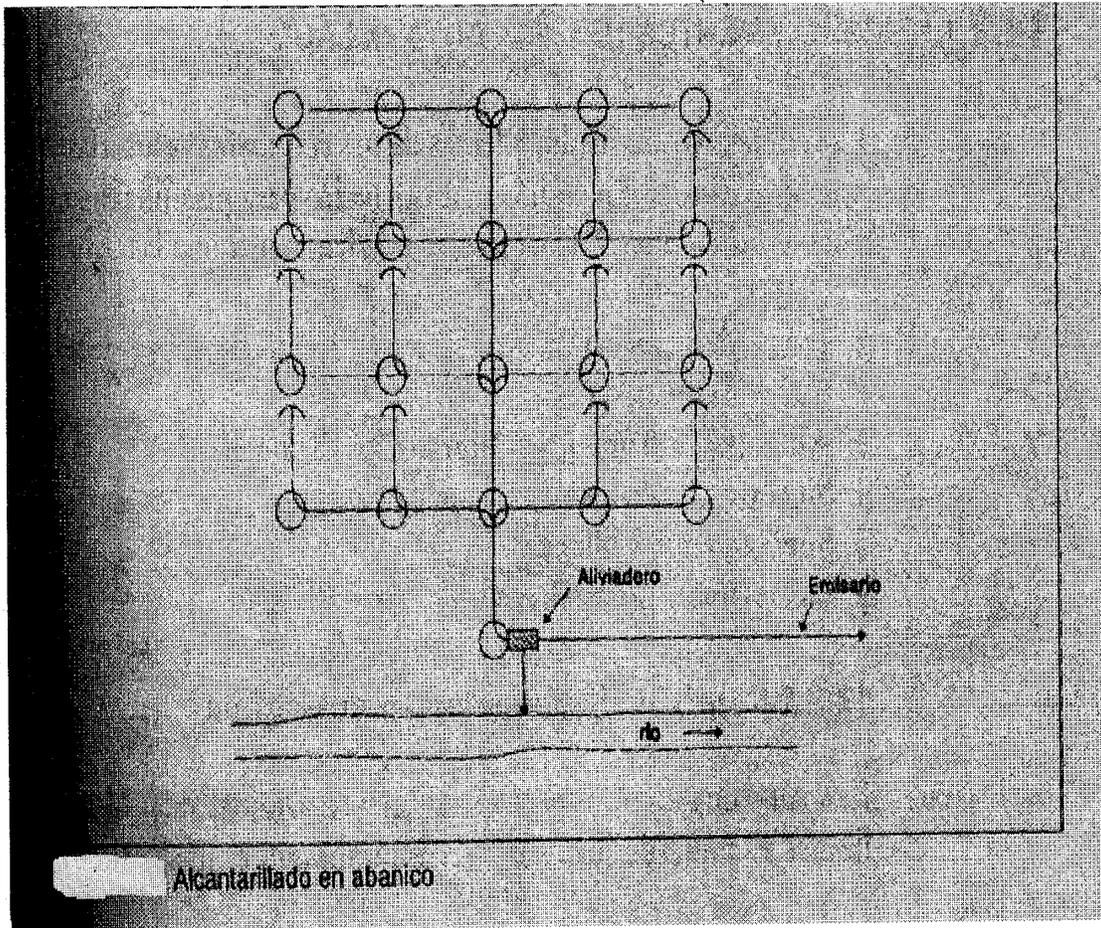
V.13.3.- SISTEMA PERPENDICULAR CON INTERCEPTOR Y ALVIADERO.

Este sistema de alcantarillado perpendicular con interceptor y aliviadero, indicado en la figura, es adecuado para alcantarillados combinados, ya que el aliviadero permitirá reducir la carga hidráulica pico, producida en el caso de una precipitación, que llegaría a la planta de tratamiento de aguas residuales. El caudal excedente de la precipitación es vertido por medio del aliviadero a la corriente superficial en cercanía de la población sin riesgo para la salud humana, debido a la dilución del caudal de aguas residuales (el caudal de aguas residuales en un alcantarillado combinado es del orden del 3% del caudal del total).



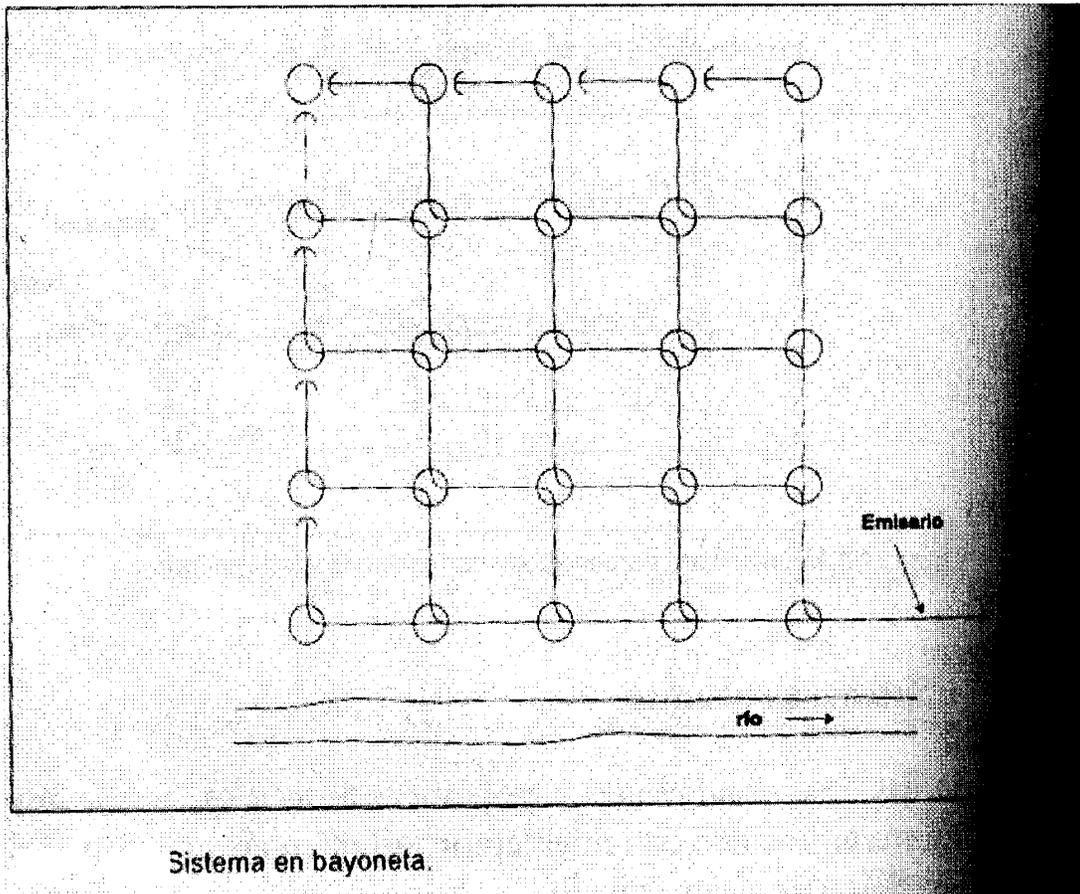
V.13.4.- SISTEMA EN ABANICO.

Dadas unas condiciones topográficas especiales, puede adoptarse el esquema en abanico con interceptor, sin interceptor o con aliviaderos, según sea el tipo de alcantarillado.



V.13.5.- SISTEMA EN BAYONETA.

El sistema de alcantarillado en bayoneta es apropiado para alcantarillados sanitarios donde existan terrenos muy planos y velocidades muy bajas.



V.13.6.- OTROS ELEMENTOS DE ALACANTARILLADO.

La red de alcantarillado, además de los colectores o tuberías, esta sustituida por otras estructuras hidráulicas diseñadas para permitir el correcto funcionamiento del sistema. Entre otras se puede mencionar las siguientes:

- Pozo de inspección
- Cámaras de caída
- Aliviaderos frontales o laterales
- Sifones invertidos
- Sumideros y rejillas
- Conexiones domiciliarias

V.13.7.- CAMBIOS DE DIRECCION EN COLECTORES.

Los cambios de dirección se realizan generalmente mediante la estructura llamada "pozo de inspección". Sin embargo, es posible realizar un cambio de dirección mediante curvas de gran radio, aprovechando la deflexión máxima permitida entre la campana y el espigo de las tuberías.

Los pozos de inspección son estructuras cilíndricas cuya unión a la superficie se hace en forma tronco-cónica. El diámetro del cilindro es generalmente de 1.20 m y en la superficie tiene una tapa de diámetro igual a 0.60 m.

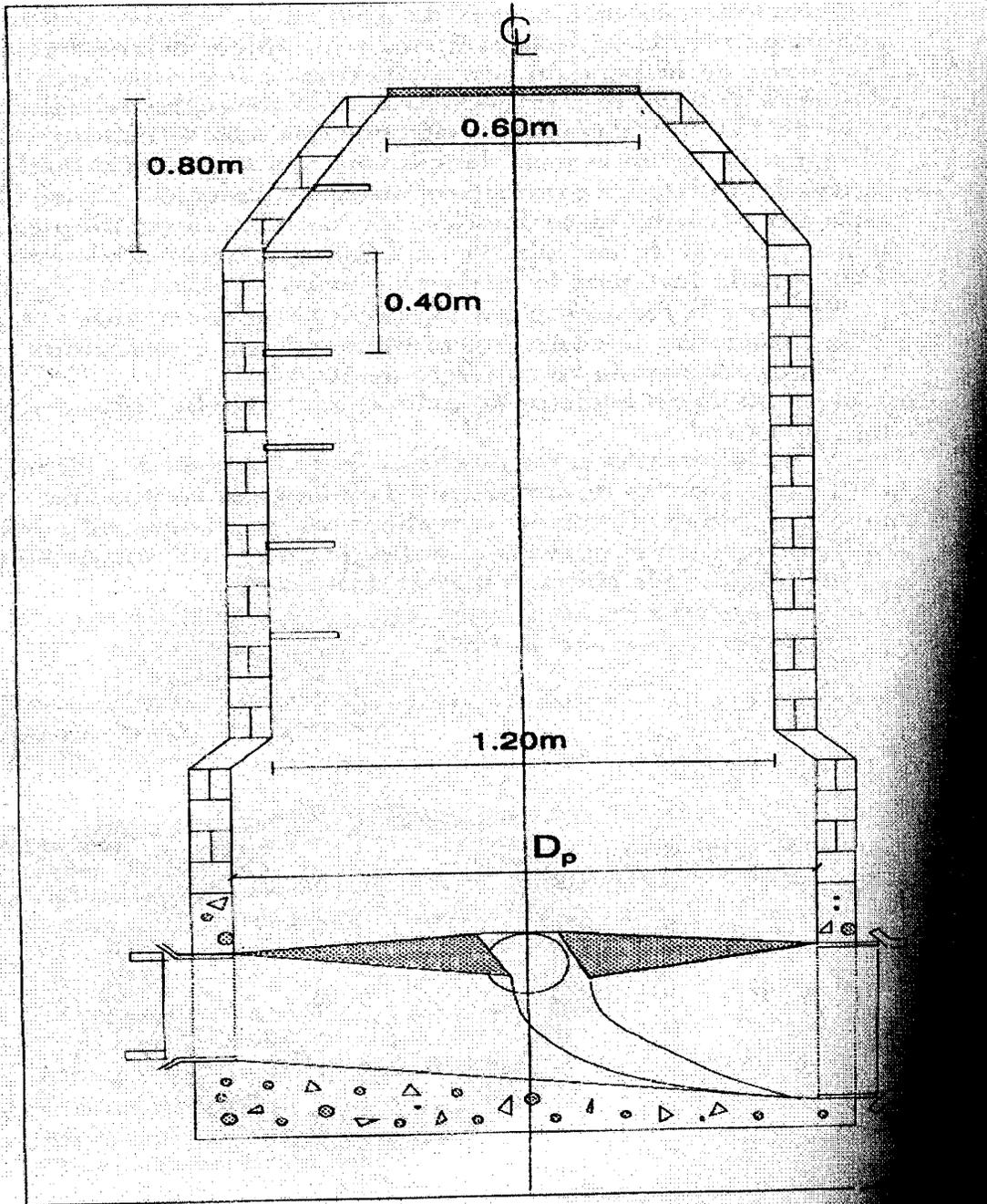
Adicionalmente en la base del cilindro se localiza la cañuela, la cual es la encargada de hacer la transición entre un colector y otro. La tapa tiene como fin permitir la realización de las labores de limpieza y mantenimiento general de las tuberías, así como proveer al sistema de una adecuada ventilación, para lo cual tiene varios orificios.

El cilindro y la reducción tronco – cónica son construidos en mampostería o con elementos de concreto, prefabricados o construidos en el sitio. La cañuela es construida en concreto de 3000 psi.

En el inicio de un colector lateral o inicial se debe colocar un pozo llamado pozo inicial.

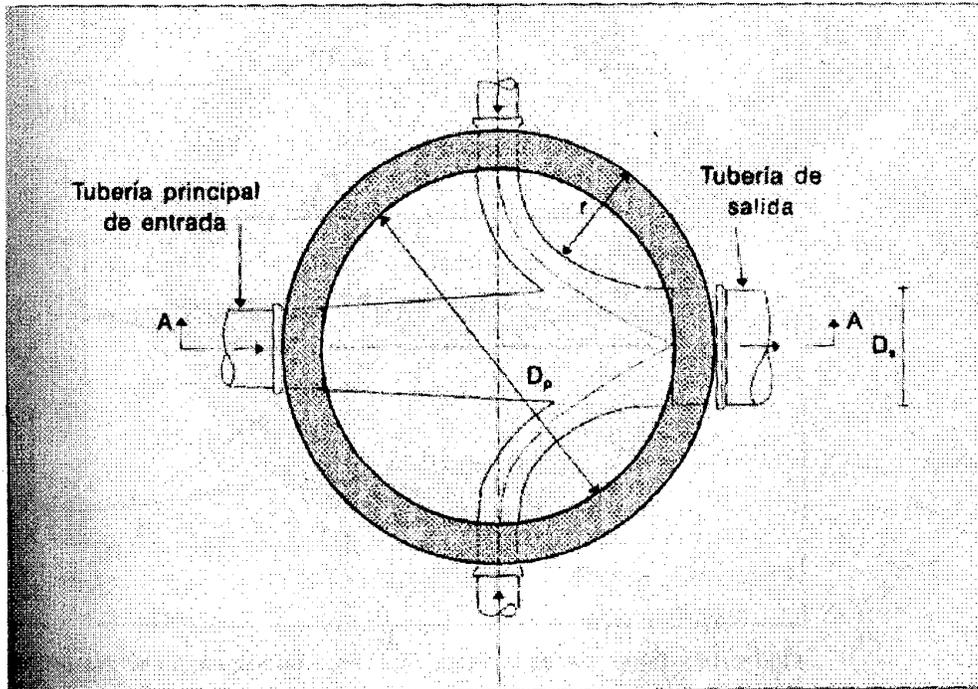
La distancia máxima entre pozos de inspección es de 1.20 m, con el fin de facilitar las labores de limpieza y la adecuada ventilación. En el caso de que el cambio de dirección se realice con las mismas tuberías, se debe colocar un pozo en la curva si el radio de esta es menor de 40 m y dos pozos si el radio de la curva es mayor de 40 mts.

V.14.- FIGURA DE UN POZO DE INSPECCION SIN CAMBIO DE DIRECCION PARA D_s MENORES DE 36".



Corte A-A de la figura 14.6. Pozo de inspección sin cambio menor de 36"

V.15.- PLANTA DEL POZO DE INSPECCION SIN CAMBIO DE DIRECCION PARA DIAMETROS DE SALIDA MENORES DE 36".



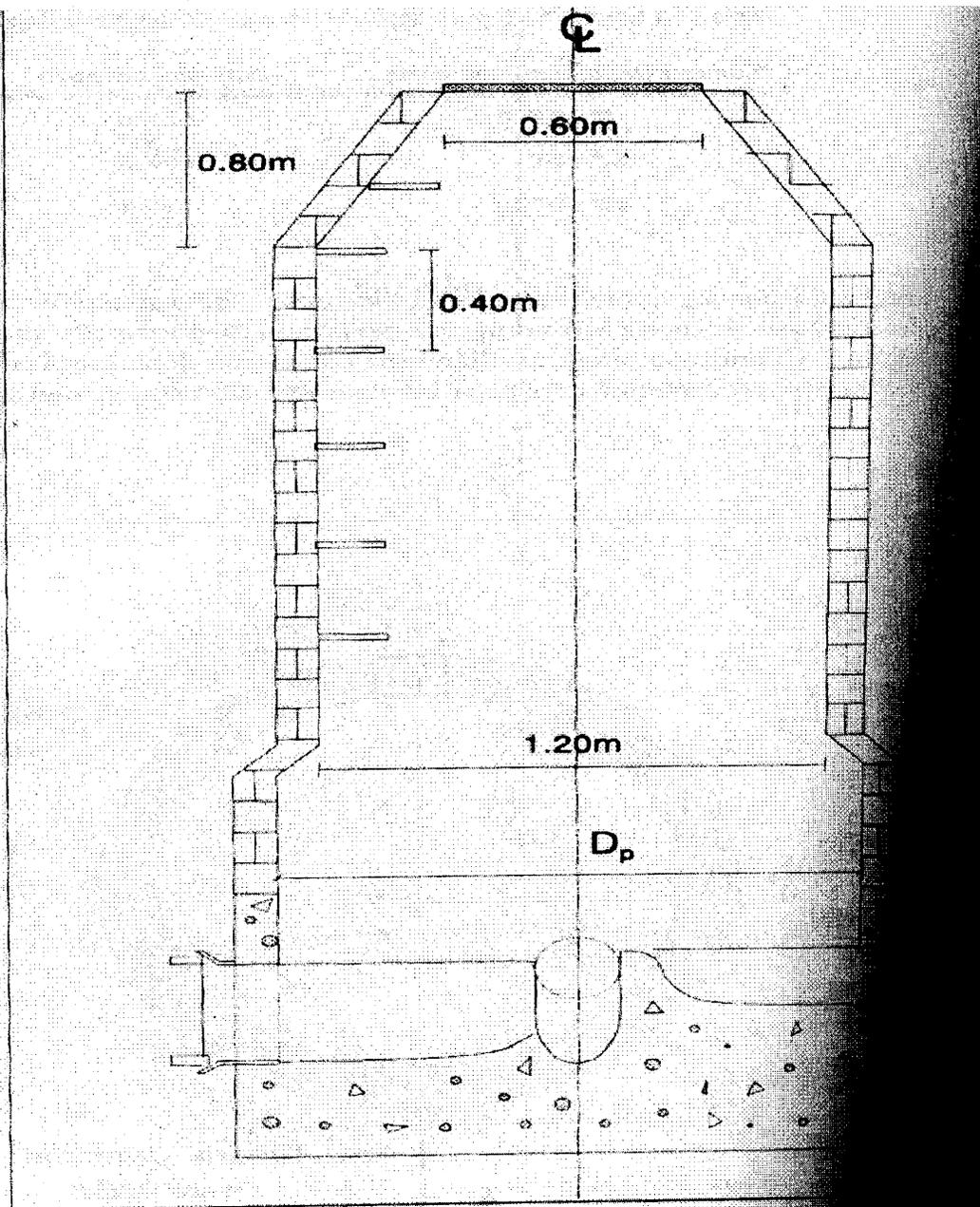
Planta del pozo de inspección sin cambio de dirección para diámetros de salida menores de 36"

El diámetro del pozo puede ser ampliado según la tabla que a continuación se muestra.

Tabla 14.1 Diámetro del pozo según el diámetro de la tubería de salida

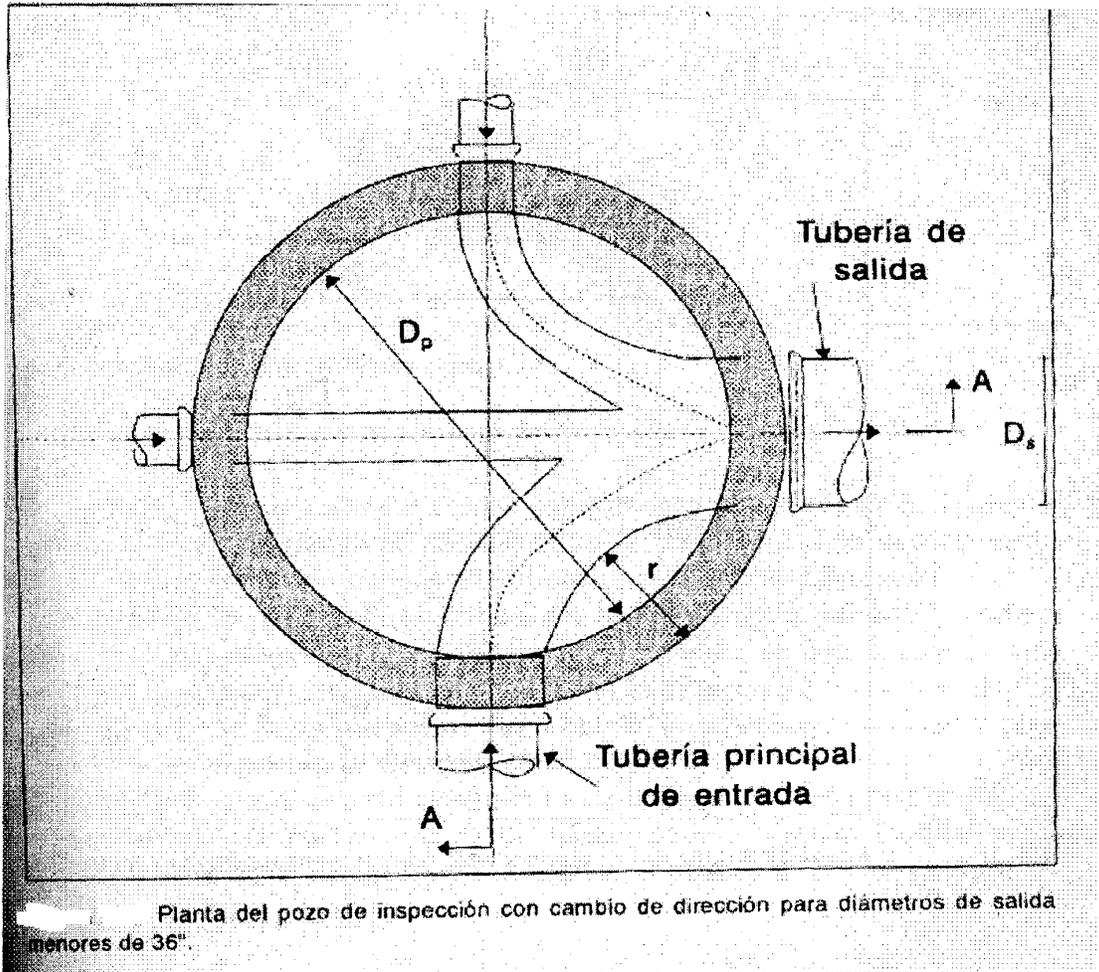
Diámetro del colector de salida	Diámetro del pozo
8" - 24"	1.20 m.
27" - 30"	1.50 m.
33" - 36"	1.80 m.

V.16.- FIGURA DE UN POZO DE INSPECCION CON CAMBIO DE DIRECCION PARA D_s MENORES DE 36".



Corte A-A de la figura 14.8. Cambio de dirección y D_p m

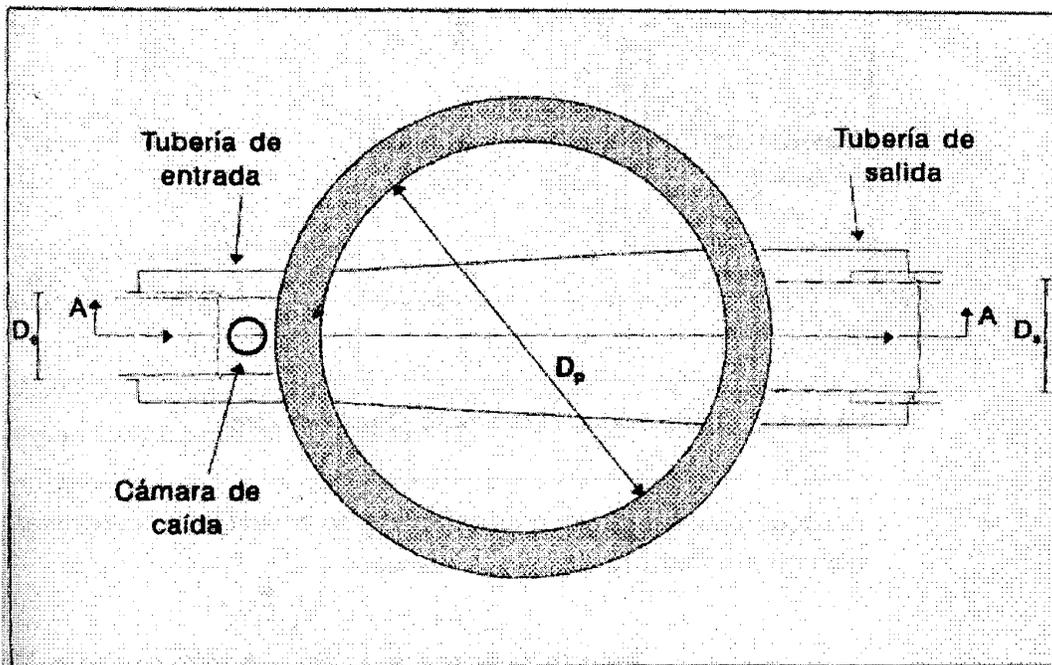
V.17.- PLANTA DEL POZO DE INSPECCION CON CAMBIO DE DIRECCION PARA DIAMETROS DE SALIDA MENORES DE 36".



V.18.- CAIDA O CAMBIO DE PENDIENTE.

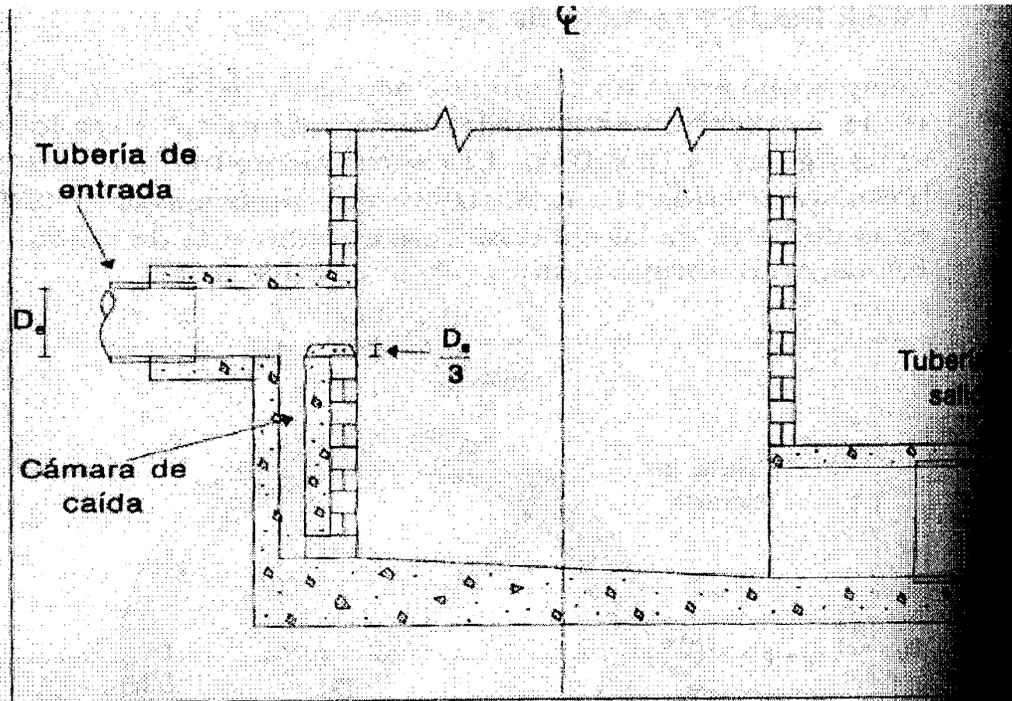
Siempre que exista un cambio de pendiente del terreno, debe proyectarse una estructura denominada "CAMARA DE CAIDA" cuya forma se indica en la figura.

El requerimiento mínimo para el empleo de la cámara de caída es que exista una diferencia mayor de 0.75 m entre las cotas de batea de las tuberías concurrentes y la salida (norma de la EAAB; otras normas indican 1.00 m de diferencia).



Planta de la cámara de caída.

V.19.- FIGURA DE CAMARA DE CAIDA.



Corte A-A de la figura 14.10. Cámara de caída.

La cámara de caída consiste en una tubería colocada antes de la llegada al cilindro, cuyo diámetro se especifica en la tabla que a continuación se presenta:

Tabla 14.2 Diámetro de la cámara de caída en función del diámetro de la tubería de entrada

Diámetro del colector de salida	Diámetro de la cámara
8" - 12"	8"
14" - 18"	12"
20" - 36"	16"
> 36"	Accesorio especial

Si el cambio de pendiente es demasiado fuerte e impide así que los colectores puedan proyectarse paralelamente al terreno, se deben colocar una o

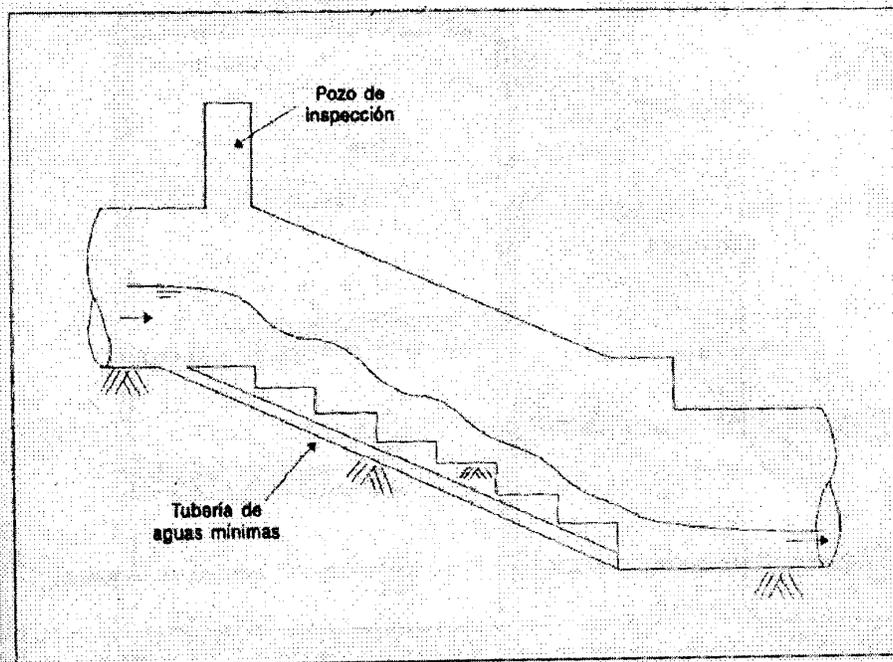
varias estructuras de caída en serie. Con lo anterior se logra cumplir los requerimientos de pendiente máxima (según la velocidad máxima) y profundidades mínimas a la clave del colector.

Debe aclararse que debido al aumento de la pendiente es posible que hidráulicamente se pueda reducir el diámetro del colector, lo cual en la práctica no se hace; se debe entonces dejar el mismo diámetro aunque resulte sobredimensionado.

A dicha cámara pueden concurrir uno o varios colectores y en ella puede hacerse un cambio de dirección.

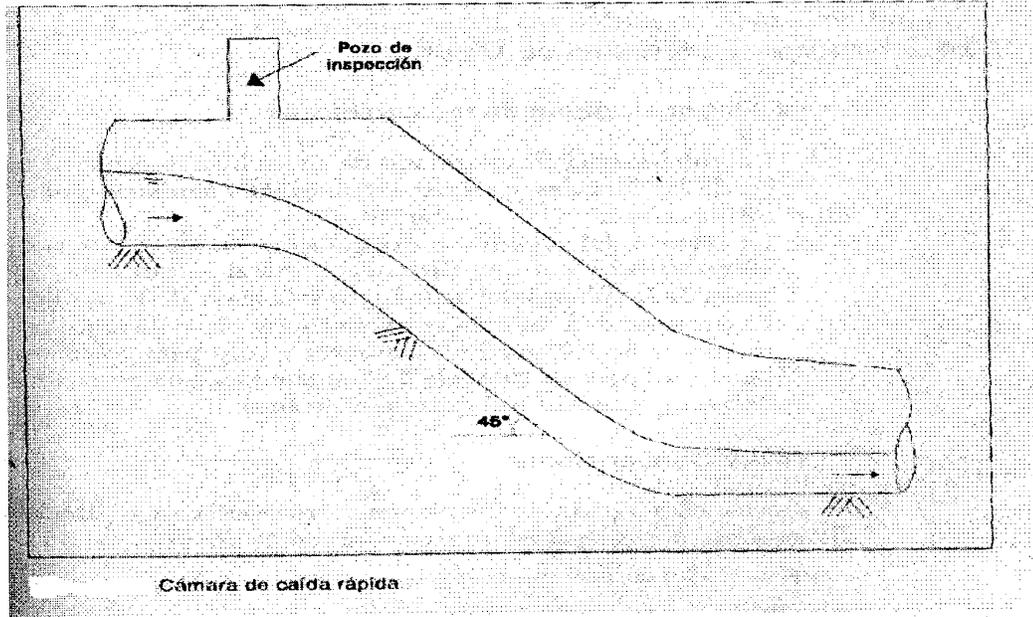
V.20.- DIFERENTES CAMARAS DE CAIDA QUE PUEDEN SER UTILIZADAS SEGÚN LA MAGNITUD DEL CAUDAL

V.20.1.- CAMARA DE CAIDA ESCALONADA.

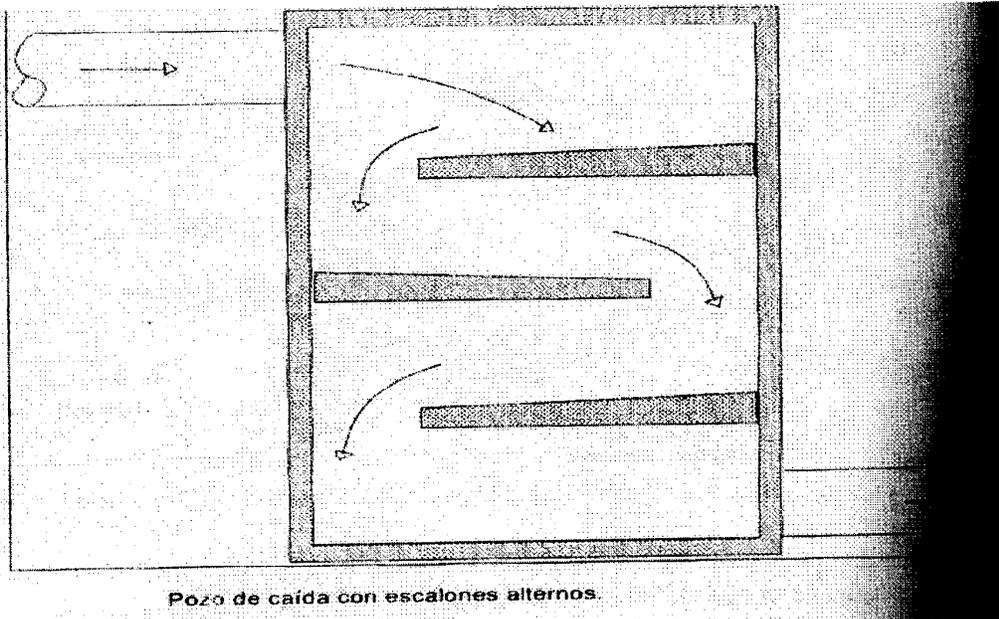


Cámara de caída escalonada.

V.20.2.- CAMARA DE CAIDA RAPIDA.



V.20.3.- POZO DE CAIDA CON ESCALONES ALTERNOS.



V.21.- LOCALIZACION DE LOS COLECTORES.

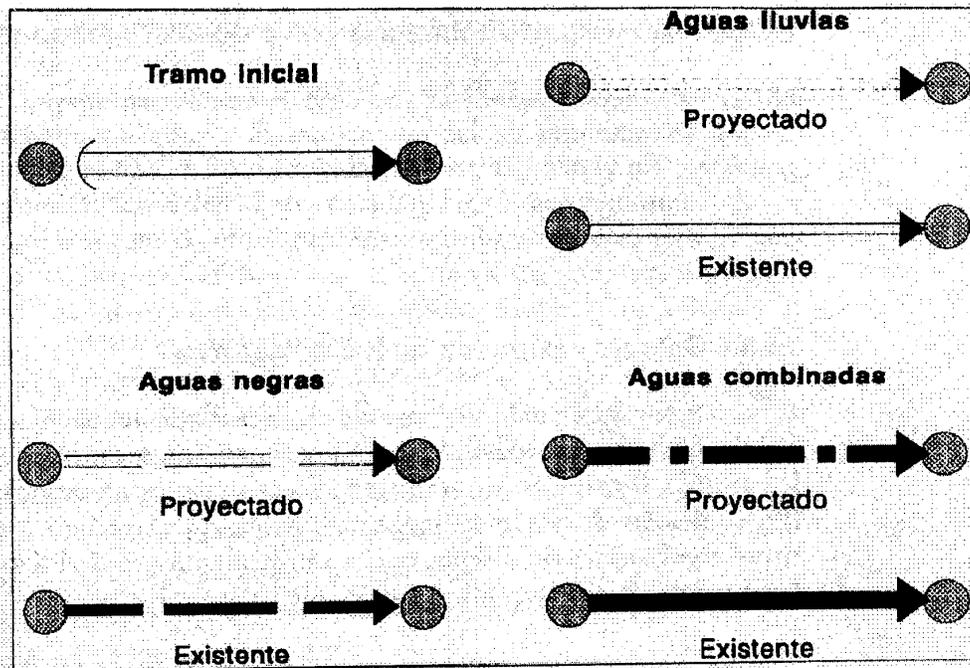
Las tuberías de alcantarillado de aguas de lluvia deben extenderse por el eje de las calzadas y las del alcantarillado sanitario por el centro de la media calzada.

La tubería del acueducto deberá estar siempre por encima de la de alcantarillado y a una distancia vertical mínima de 0.20 m entre la batea de la tubería del acueducto y la clave del alcantarillado.

La profundidad mínima entre rasante y clave de la tubería del alcantarillado es de 1.00m. En ocasiones, y solo para colectores iniciales, se puede adoptar un valor de 0.80 m, siempre que las conexiones domiciliarias lo permitan y el tráfico sea liviano.

V.22.- CONVENCIONES.

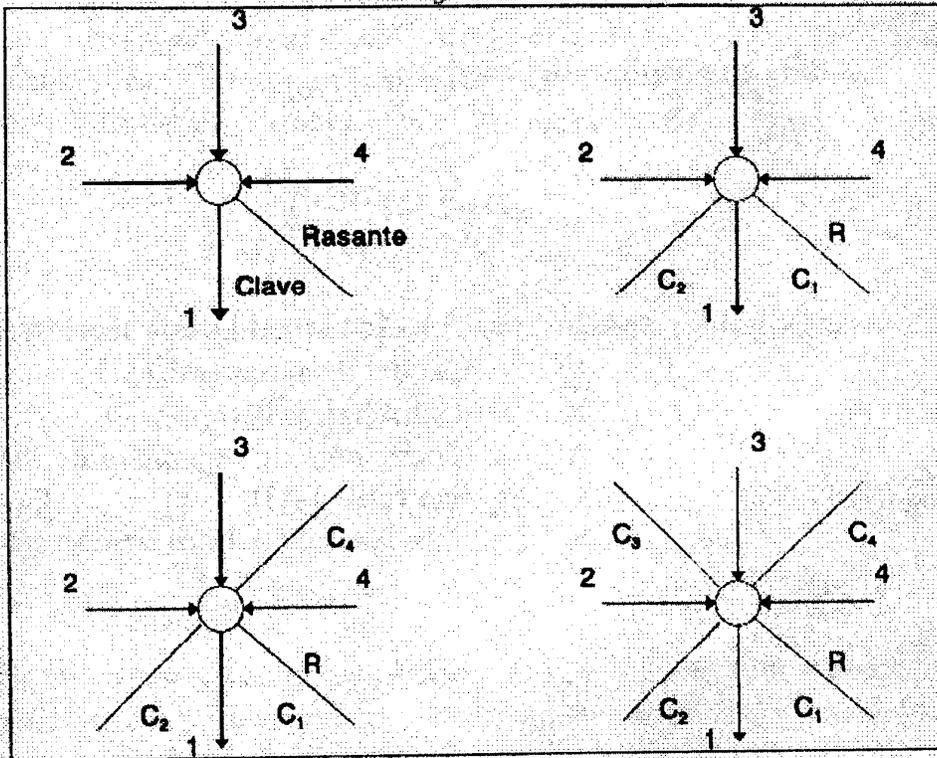
Para la elaboración de los planos correspondientes (plantas y perfiles) se emplean las siguientes convenciones



Convención del trazado de colectores.

V.23.- LECTURAS DE COTAS.

La lectura de cotas se hace siempre en el sentido horario y serán todas iguales al último valor anotado hasta que se indique un nuevo valor



Convención utilizada para cotas de rasantes y clave en los pozos.

V.24.- PROFUNDIDAD MINIMA A LA CLAVE DE LOS COLECTORES.

La red de colectores debe estar diseñada de tal manera que las aguas residuales provenientes de las conexiones domiciliarias puedan drenar por gravedad. En general la profundidad mínima a la clave de la tubería debe ser de 1.0 m con respecto a la rasante de la calzada. Sin embargo, en sistemas rurales es posible adoptar 0.80 m para los colectores iniciales, siempre y cuando el tráfico sea liviano.

V.25.- CALCULO HIDRAULICO DE LOS COLECTORES.

Los colectores de cualquier tipo de alcantarillado se diseñan para trabajar a flujo libre por gravedad. Solo en algunos puntos específicos tales como los sifones invertidos, se permite el flujo a presión. Sin embargo, es factible el diseño de alcantarillados pequeños que trabajen a presión bajo otras condiciones de diseño, con un pre tratamiento de las aguas residuales que han de ser vertidas al sistema de alcantarillado.

Tradicionalmente se diseña bajo condiciones de flujo uniforme, tomando como base de cálculo la ecuación de Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} = 0.399 \frac{D^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

que en términos del caudal es:

$$D = 1.548 \left(\frac{n Q}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

en donde:

- V = Velocidad media en la sección (m/s)
- Q = Caudal de aguas (m³/s).
- R = Radio hidráulico (m).
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning (ver tabla 14.3).
- S = Pendiente de la línea de energía (m/m)

V.26.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING PARA DIFERENTES MATERIALES DE LAS TUBERIAS.

Tabla 14.3 Coeficiente de rugosidad de Manning para diferentes materiales de las tuberías

Material de la tubería	n
Cloruro de polivinilo	0.009
Asbesto-cemento	0.012
Concreto reforzado prefabricado	0.013
Gres o concreto simple	0.014
Conductos en concreto simple o reforzado fundidos <i>in situ</i> , de sección circular, rectangular o en herradura:	
a) Con acabado especial de la superficie*	0.015
b) Sin acabado especial de la superficie	0.017
Conductos construidos en mampostería de ladrillo	0.016
Canales de concreto o revestidos en concreto simple o reforzado:	
a) Con acabado especial de la superficie*	0.015
b) Sin acabado especial de la superficie	0.017
Canaletas o cunetas revestidas en concreto simple o ladrillo	0.017
Canales excavados en tierra	0.035
Canales excavados en tierra recubiertos con vegetación	0.027-0.050
Canales excavados en roca	0.035-0.060

* Acabado tipo F4 de la norma C.22 "Estructuras de Concreto", de las normas de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados de Bogotá.

V.27.- CAUDAL DE DISEÑO.

El caudal de aguas residuales de una población esta compuesto por los siguientes aportes:

- Aguas residuales domesticas.
- Aguas residuales industriales, comerciales e institucionales.
- Aguas de infiltración.
- Conexiones erradas.

V.28.- CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS.

El punto de partida para la cuantificación de este aporte es el caudal medio diario, el cual se define como la contribución durante un periodo de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año. Cuando no se dispone de datos de

aportes de aguas residuales, lo cual es usual en la mayoría de los casos, se debe cuantificar este aporte con base en el consumo de agua potable obtenido del diseño del acueducto. El resultado final es un caudal en L / H a.s para la población en general o para cada zona del estudio de plantación de la población.

V.29.- COEFICIENTE DE RETORNO.

Este coeficiente tiene en cuenta el hecho de que no toda el agua consumida del domicilio es devuelta al alcantarillado, por razón de sus múltiples usos como riego, lavado de pisos, cocina y otros. Se puede establecer, entonces, que solo un porcentaje del total de agua consumida es devuelto al alcantarillado. Este porcentaje es el llamado "coeficiente de retorno", el que estadísticamente fluctúa entre 65% y 85%.

V.30.- DENSIDAD DE POBLACION.

La densidad de población se define como el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea. Un estudio de densidad de población debe reflejar su distribución de manera zonificada, la densidad actual y la máxima densidad esperada, valor de este último con el cual se debe hacer la determinación del caudal.

La densidad varia según el estrato socioeconómico y según el tamaño de la población. Para poblaciones pequeñas, la densidad puede fluctuar entre 100 y 200 Hab / Ha, mientras que para poblaciones mayores o ciudades, la densidad suele ser determinada por el estrato y los usos de la zona (residencial, industrial o comercial) y puede llegar a valores del orden de 400 Hab / Ha o más.

V.31.- AREA DE DRENAJE.

La determinación de las áreas de drenaje debe hacerse de acuerdo con el plano topográfico de la población y el trazado de la red de colectores. El área de drenaje referente a cada colector se obtiene trazando los diagonales o bisectrices sobre las manzanas de la población.

V.32.- CAUDAL INDUSTRIAL

Este aporte de aguas residuales debe ser evaluado para cada caso en particular, ya que varía de acuerdo con el tipo y el tamaño de la industria.

Para pequeñas industrias puede tomarse un aporte medio de 1.5 L/s.Ha.

V.33.- CAUDAL COMERCIAL.

Para sectores netamente comerciales se adopta un aporte medio diario de 2.0 L / s.Ha, pero es necesario ponderar este valor en zonas mixtas, comerciales y residuales.

V.34.- CAUDAL INSTITUCIONAL.

Como en el caso del aporte industrial, el aporte institucional varia de acuerdo con el tipo y el tamaño da la institución, por lo que debe considerarse cada caso en particular. Sin embargo, para instituciones pequeñas localizadas en zonas residenciales, puede tomarse un aporte medio diario de 0.8 L / s.Ha.

V.35.- CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES.

El aporte medio diario al alcantarillado sanitario resulta de sumar los aportes domésticos con los industriales, comerciales e institucionales a que haya lugar.

V.35.- CAUDAL MAXIMO HORARIO DE AGUAS RESIDUALES.

El caudal de diseño de la red de colectores debe corresponder al caudal máximo horario. Este caudal se determina a partir de factores de mayoracion del caudal medio diario obtenido anteriormente, los cuales se seleccionan de acuerdo con las características propias de la población.

V.36.- CAUDAL DE INFILTRACION.

Este aporte adicional se estima con base en las características de permeabilidad del suelo en el que se ha de construir el alcantarillado sanitario.

Este aporte puede expresarse por metro de tubería o por su equivalente en hectáreas de área drenada. A continuación se presentan algunos valores de infiltración.

V.37.1.- APORTE DE INFILTRACION POR LONGITUD DE TUBERIA.

Aporte de infiltración por longitud de tubería

Condiciones	Infiltración (L/s.Km)		
	Alta	Media	Baja
Tuberías existentes	4.0	3.0	2.0
Tuberías nuevas con unión de:			
- Cemento	3.0	2.0	1.0
- Caucho	1.5	1.0	0.5

V.38.- CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS.

Este aporte proviene principalmente de las conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas.

Este valor se puede estimar en un 20% del caudal máximo horario. Otro criterio puede ser el de adoptar un caudal entre 1 y 3 L / s.Ha.

V.39.- CAUDAL DE DISEÑO.

Corresponde a la suma de caudal máximo horario (aporte domestico, industrial, comercial e institucional), caudal de infiltración y caudal de conexiones erradas.

V.40.- OTRAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.

V.40.1.- VELOCIDAD MINIMA.

Los alcantarillados sanitarios que transportan aguas residuales domesticas deben tener una velocidad mínima de 0.6 m/s a tubo lleno. Cuando las aguas residuales sean típicamente industriales se debe aumentar la velocidad mínima para evitar la formación de sulfuros y la consiguiente corrosión de la tubería de la tabla que a continuación se presenta.

Velocidades mínimas a tubo lleno para residuos industriales

DBO ₅ (mg/L)	Velocidad mínima (m/s)
< 255	0.60
225 - 350	0.75
351 - 500	0.90
501 - 690	1.05
691 - 900	1.20

V.40.2.- VELOCIDAD MAXIMA.

Cualquiera que sea el material de la tubería, la velocidad máxima no debe sobrepasar el límite de 5.0 m / s, para evitar la abrasión de la tubería.

- Tubería de gres = 5.0 m / s
- Tubería de concreto = 4.0 m / s

V.40.3.- DIAMETRO MINIMO.

El diámetro mínimo para la red de colectores debe ser de 8 pulgadas (20 centímetros). El diámetro mínimo para las conexiones domiciliarias es de 6 pulgadas (15 centímetros), aunque este puede ser reducido a 4" en casos en que la conexión domiciliaria se realice con tubería PVC.