

Periódico Oficial

del Estado de Baja California

Órgano del Gobierno Constitucional del Estado de Baja California.



José Guadalupe Osuna Millán
Gobernador del Estado

Raúl Leggs Vázquez
Director

Autorizado como correspondencia de segunda clase por la Dirección General de Correos el 25 de Marzo de 1958.

Las Leyes y demás disposiciones obligan por el solo hecho de publicarse en este periódico.

Tomo CXX

Mexicali, Baja California,

12 de julio de 2013 No. 31

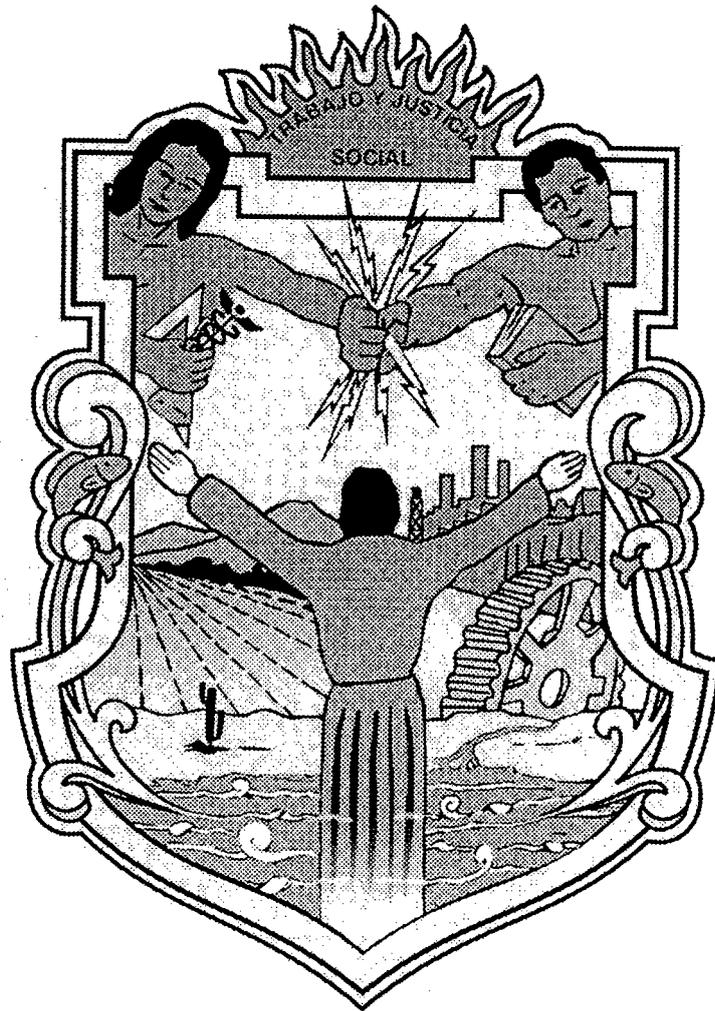
Índice

SECCION II

PODER EJECUTIVO ESTATAL

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO

ACUERDO mediante el cual se aprueban las **NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA**.....



C.P. CARLOS FLORES VÁSQUEZ, EN EJERCICIO DE LAS FACULTADES QUE ME CONFIEREN LOS ARTÍCULOS 27 FRACCIÓN VIII, DE LA LEY ORGÁNICA DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA, 10 FRACCIÓN XV, DEL REGLAMENTO INTERNO DE LA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y DESARROLLO URBANO DEL ESTADO, Y

CONSIDERANDO

PRIMERO.- Que el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2008-2012, es un instrumento para ordenar la acción de las instituciones del gobierno del Estado en torno a un proyecto viable para el desarrollo de la entidad, que busca avanzar hacia una calidad de vida que nos permita alcanzar mejores parámetros del país y de la sociedad global contemporánea; y plasmar una imagen de futuro construida en base a la participación democrática de los ciudadanos, y en la iniciativa responsable de la esfera gubernamental, para que de manera conjunta desarrollen iniciativas que se conviertan en estrategias coordinadas que traduzcan la imagen de futuro en una práctica cotidiana de construcción del desarrollo.

SEGUNDO.- Que de igual forma, el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2008-2012, establece como un tema de vital importancia para el desarrollo regional sustentable el agua y su saneamiento; para ello se pretende vincular las políticas de desarrollo para ofrecer servicios a los diferentes sectores sociales, pero desde la perspectiva del manejo integral, donde intervenga el gobierno, la sociedad y los empresarios. Las estrategias en materia de infraestructura y equipamiento buscan potenciar la capacidad ya instalada, proyectar las necesidades a largo plazo y proponer mecanismos para solventarlas.

TERCERO.- Que la manera de administrar los recursos adquiere relevancia, ya que constituye un factor esencial en el logro de objetivos y metas, en poder contar con marcos jurídicos y sistemas de planeación acordes con las necesidades reales, así como tener un eficiente manejo de los recursos económicos y humanos, que junto con la participación social, pueden ser factores que marquen la diferencia en el avance del desarrollo regional.

CUARTO.- Que el desarrollo regional sustentable tiene como objetivo lograr la ampliación en la cobertura y consolidación de infraestructura de alcantarillado pluvial, mejorando su calidad y de considerar una visión preventiva de desastres en las localidades.

QUINTO.- Con la finalidad de obtener un ordenamiento urbano acorde a la dinámica de crecimiento de localidades dentro del Estado de Baja California y en el marco del Plan Estatal de Desarrollo Urbano, la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano convocó a la elaboración de las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Estado de Baja California, cuyos principales

objetivos residen en beneficiar a la comunidad, así como de regular y facilitar la elaboración de proyectos ejecutivos respectivos, tanto a dependencias de la administración pública como a la iniciativa privada; por lo que se expide el siguiente:

ACUERDO

PRIMERO.- Se aprueba la publicación de las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial para el Estado de Baja California.

SEGUNDO.- Las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial para el Estado de Baja California, tienen carácter obligatorio para los sectores público, social y privado respecto a los objetivos, estrategias y acciones que se deriven de su aplicación, conforme a las disposiciones jurídicas aplicables.

ARTÍCULOS TRANSITORIOS

ARTÍCULO PRIMERO.- El presente Acuerdo entrará en vigor el día siguiente de su publicación en el Periódico Oficial del Estado.

ARTÍCULO SEGUNDO.- Quedan sin efecto las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Estado Baja California, publicadas en el Periódico Oficial del Estado el 11 de Septiembre de 2009.

ARTÍCULO TERCERO.- Todas las obras de alcantarillado pluvial que se hayan iniciado con motivo de la aplicación de las Normas que se reforman, y que no se encuentren concluidas a la fecha de entrada de las presentes Normas, se registrarán por las disposiciones vigentes al momento de la publicación del Acuerdo de las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial para el Estado de Baja California.

ARTÍCULO CUARTO.- Publíquense las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial para el Estado de Baja California, en el Periódico Oficial del Estado.

DADO en la ciudad de Mexicali, Baja California, a los catorce días del mes de junio del año dos mil trece.


C.P. CARLOS FLORES VÁSQUEZ
SECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA
Y DESARROLLO URBANO



**NORMAS TÉCNICAS PARA
ELABORACIÓN DE PROYECTOS
DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL
EN EL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA**

(ACTUALIZACIÓN 2012)

INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de obtener un ordenamiento urbano acorde a la dinámica de crecimiento de localidades dentro del Estado de Baja California y en el marco del Plan Estatal de Desarrollo Urbano, la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado publicó el 11 de septiembre del 2009, las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Estado de Baja California, cuyos principales objetivos residen en beneficiar a la comunidad, así como de regular y facilitar la elaboración de proyectos ejecutivos respectivos, tanto a dependencias de la administración pública como a la iniciativa privada.

La Comisión Estatal del Agua de Baja California convocó al Comité Técnico para la actualización de las "Normas Técnicas para elaboración de proyectos de Alcantarillado Pluvial en el Estado de Baja California" (en su segunda edición) la cual fue elaborada recopilando y adecuando la normatividad que se aplica en las diferentes Dependencias Federales, Estatales y Municipales que tienen competencia en proyectos de sistemas de alcantarillado pluvial.

La actualización de las presentes Normas fue posible con la valiosa colaboración y aportación de experiencias del personal técnico de las entidades públicas participantes siguientes:

Comisión Estatal del Agua de Baja California

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali

XX Ayuntamiento de Mexicali

XX Ayuntamiento de Ensenada

XX Ayuntamiento de Tecate

XX Ayuntamiento de Tijuana

V Ayuntamiento de Playas de Rosarito

Í N D I C E

TEMARIO

1.- ALCANCE	
2.- DATOS DE DISEÑO	
2.1.- GASTO DE DISEÑO	
2.1.1.- MÉTODOS DE CÁLCULO	
2.1.2.- OTROS MÉTODOS	
2.2.- COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
2.3.- INTENSIDAD DE LLUVIA	
2.3.1.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA	
2.4.- PERÍODO DE RETORNO	
2.4.1.- METODOLOGÍAS PARA EVALUAR EL PERÍODO DE RETORNO	
2.5.- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	
2.6.- SUPERFICIE DRENADA	
2.7.- PENDIENTE DEL CAUCE	
3.- DISEÑO DE CONDUCTOS A GRAVEDAD	
3.1.- GASTO DE DISEÑO	
3.2.- CONDUCTOS	
3.2.1.- TUBERÍAS	
3.2.1.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	
3.2.1.2.- PENDIENTE Y VELOCIDAD	
3.2.1.3.- DIÁMETRO MÍNIMO	
3.2.1.4.- PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN	
3.2.1.5.- ZANJA, PLANTILLA Y RELLENOS	
3.2.1.6.- ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS	
3.2.1.7.- PRUEBA DE HERMETICIDAD EN TUBERÍAS	
3.2.1.7.1.- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN TUBERÍAS	
3.2.1.7.2.- PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN EN TUBERÍAS	
3.2.1.7.3.- NÚMERO DE PRUEBAS	
3.2.1.7.4.- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN POZOS DE VISITA Y REGISTROS	
3.2.1.8.- DERECHO DE PASO	
3.2.2.- CANALES	
3.2.2.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN CANALES	
3.2.2.2.- FORMA GEOMÉTRICA	
3.2.2.3.- CANALES CON REVESTIMIENTO	
3.2.2.3.1.- APOYO DEL REVESTIMIENTO	
3.2.2.3.2.- DRENAJE EN CANALES CON REVESTIMIENTO	
3.2.2.4.- CURVAS HORIZONTALES	
3.2.2.5.- SOBRE ELEVACIÓN DEL TIRANTE EN CURVAS HORIZONTALES	
3.2.2.6.- TRANSICIÓN EN CANALES	
4.- ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	
4.1.- ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN	
4.1.1.- VIALIDADES	
4.1.1.1.- PENDIENTE EN VIALIDADES	
4.1.1.2.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	
4.1.1.3.- GUARNICIONES EN VIALIDADES	
4.1.1.4.- CUNETAS Y CONTRACUNETAS EN VIALIDADES	
4.1.1.5.- VADOS EN VIALIDADES	
4.1.2.- BOCILLAS DE TORMENTA Y REJILLAS DE PISO	
4.2.- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN	
4.2.1.- ATARJEA PLUVIAL	
4.2.2.- SUBCOLECTOR PLUVIAL	
4.2.3.- COLECTOR PLUVIAL	
4.2.4.- LOCALIZACIÓN	
4.3.- ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y MANTENIMIENTO	
4.3.1.- POZOS DE VISITA	
4.3.1.1.- POZOS COMUNES Y ESPECIALES	
4.3.1.2.- POZOS CAJA	
4.3.1.3.- ESTRUCTURAS DE CAÍDA	
4.3.1.4.- CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN POZOS	
4.3.1.5.- CONEXIONES	

4.3.1.6.- SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE POZOS	
4.4.- ESTRUCTURA DE DESCARGA.....	
4.5.- ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	
4.5.1.- ESTACIÓN DE BOMBEO	
4.5.1.1.- CÁRCAMO DE BOMBEO	
4.5.1.1.1.- GASTO DE DISEÑO	
4.5.1.1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA	
4.5.1.1.3.- SUMERGENCIA MÍNIMA.....	
4.5.1.1.4.- CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN	
4.5.1.1.5.- CAVITACIÓN	
4.5.1.1.6.- VOLUMEN DE CONTROL	
4.5.1.1.6.1.- VOLUMEN DE CONTROL PARA UN SISTEMA 1+1	
4.5.1.1.6.2.- VOLUMEN DE CONTROL PARA UN SISTEMA N+1	
4.5.1.1.7.- ZONA DE SUCCIÓN.....	
4.5.1.1.7.1.- CAMPANA DE SUCCIÓN	
4.5.1.1.7.2.- NIVEL DEL AGUA EN EL CÁRCAMO	
4.5.1.2.- EQUIPO DE BOMBEO.....	
4.5.1.2.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS	
4.5.1.2.2.- POTENCIA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO	
4.5.1.2.3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS	
4.5.1.2.4.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
4.5.1.2.4.1.- NORMATIVIDAD.....	
4.5.1.2.4.2.- TABLEROS ELÉCTRICOS	
4.5.1.2.4.3.- TENSIÓN ELÉCTRICA	
4.5.1.2.4.4.- CONTROLADORES.....	
4.5.1.2.3.5.- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS	
4.5.1.3.- EQUIPO DE EMERGENCIA	
4.5.1.4.- OBRA CIVIL.....	
4.5.1.5.- LÍNEA DE IMPULSIÓN	
4.5.1.5.1.- DISEÑO HIDRÁULICO Y GOLPE DE ARIETE	
4.5.1.5.2.- DIÁMETRO ECONÓMICO	
4.5.1.5.4.- INSTALACIÓN DE TUBERÍA A PRESIÓN	
4.5.2.- ESTRUCTURA DE CRUCE	
4.5.2.1.- CRUCE ELEVADO	
4.5.2.2.- ALCANTARILLA PLUVIAL	
4.5.3.- CONTROL DE AZOLVES	
4.5.3.1.- TANQUES DESARENADORES	
4.5.4.- ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN Y DETENCIÓN	
4.5.4.1.- DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN	
4.5.4.1.1.- LAGUNA DE RETENCIÓN	
4.5.4.1.2.- LAGUNA DE DETENCIÓN	
4.5.4.2.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE RETENCIÓN	
4.5.4.2.1.- CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN	
4.5.4.2.2.- INTENSIDAD DE EVAPORACIÓN	
4.5.4.3.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE DETENCIÓN	
4.5.4.3.1.- ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN ALMACENADO	
4.5.4.3.2.- EL VOLUMEN MÁXIMO DETENIDO EN LA LAGUNA ($V_{m\acute{a}x}$)	
5.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	
5.1.- MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA	
5.2.- MEMORIA DE CÁLCULO	
5.3.- PLANOS	
5.3.1.- PLANOS DE LA RED Y/O SOLUCIÓN PLUVIAL	
5.3.2.- PLANOS DE RASANTES	
5.3.3.- PLANOS DE ESTRUCTURAS ESPECIALES Y DETALLES	
5.3.4.- PLANO DE HIDROLOGÍA.....	
5.3.5.- PLANO DE CURVAS DE NIVEL	
5.4.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS	
5.5.- VOLÚMENES, GENERADORES DE OBRA Y PRESUPUESTO BASE	
6.- CONSTRUCCIÓN	
7.- ÍNDICE DE TABLAS	
8.- TERMINOLOGÍA (EN PROCESO DE REVISION)	
8.- TERMINOLOGÍA (EN PROCESO DE REVISION)	
ANEXOS TÉCNICOS.....	
BIBLIOGRAFÍA	

1.- ALCANCE

Todo proyecto de urbanización deberá contar con proyecto de alcantarillado pluvial separado del alcantarillado sanitario y conectado a los sistemas existentes.

El contar con alcantarillado pluvial separado del alcantarillado sanitario, elimina la contaminación por aguas negras y permite que el agua proveniente del pluvial pueda ser aprovechada.

Las obras de alcantarillado pluvial, permiten encauzar el escurrimiento pluvial superficial, desde el sitio del proyecto, hasta el cuerpo receptor, con la finalidad de evitar los daños que se puedan ocasionar en la zona de proyecto.

El sistema de alcantarillado pluvial puede estar formado por los siguientes elementos:

- Escurrecimiento superficial en vialidades.
- Captación en bocas de tormenta y/o rejilla de piso.
- Conducción en red subterránea y/o canales superficiales.
- Estructuras hidráulicas complementarias.
- Estructura de descarga en cuerpo receptor.

La planeación del sistema pluvial deberá tomar en cuenta, además del proyecto de captación y conducción, el proyecto de obras complementarias, como pueden ser presas para control de avenidas, desviación de corrientes, cunetas y contra cunetas interceptoras en terreno natural, eliminación de contaminantes, control de azolves, desarenadores y otras estructuras que permitan el manejo adecuado de la precipitación pluvial, previa aprobación de la Autoridad Correspondiente justificado mediante los estudios técnicos.

En caso de existir obras de infraestructura pluvial que crucen la zona en estudio, el proyecto deberá considerar su continuación dentro del predio, con las características que satisfagan la continuidad del flujo y la aportación del mismo.

2.- DATOS DE DISEÑO

Mediante el empleo de los principios básicos de hidráulica, tales como: cantidad de movimiento y de energía, de continuidad, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, métodos de tránsito de avenidas, etc., se analizan los escurrimientos superficiales y se dimensionan las estructuras de captación hasta redes de conducción.

Para realizar los proyectos de las obras que integran el sistema de alcantarillado pluvial se deben establecer claramente los siguientes datos para el diseño:

2.1.- GASTO DE DISEÑO

El diseño de las obras de alcantarillado pluvial, está definido por la magnitud de los escurrimientos pluviales, que dependen de la superficie drenada (**A**), de la precipitación (**p**) e intensidad (i_p) de la lluvia, de las características físicas y uso del terreno que definen el factor de escurrimiento (**C**) y de las características topográficas del terreno que definen la pendiente (**S**).

El gasto (Q) de escurrimiento pluvial, de acuerdo a la zona que se trate, se calculará por medio de los siguientes métodos:

2.1.1.- MÉTODOS DE CÁLCULO

Para superficies hasta 80 hectáreas se utilizará el **Método Racional Americano**.

Método basado en considerar que, sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante un cierto tiempo, de manera que el escurrimiento en la cuenca se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga. Este método permite determinar el gasto máximo provocado por una tormenta suponiendo que esto se alcanza cuando la intensidad de lluvia es aproximadamente constante durante una cierta duración, que se considera es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

La fórmula **RACIONAL AMERICANO** se plantea como:

$$Q = 0.278 C i_p A$$

Donde:

Q = Gasto en m^3/s

C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional

i_p = Intensidad de lluvia de la tormenta de diseño, en mm/h

A = Superficie drenada en km^2 .

La fórmula de **BURKLI-ZIEGLER**:

$$Q = 27.78 C i_p A^{\frac{3}{4}} S^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

Q = Litros / s

C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional.

i_p = Intensidad de lluvia en centímetros por hora.

A = Área drenada en hectáreas.

S = Pendiente media de la cuenca.

Para el Municipio de Mexicali, previa autorización expresa de la autoridad correspondiente podrá utilizarse el método de Burkli-Ziegler

2.1.2.- OTROS MÉTODOS

Para superficies mayores de 80 hectáreas se pueden utilizar los siguientes métodos, de acuerdo con los procedimientos y lineamientos indicados en **Estimación de Gastos Pluviales**, del **Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial**, Vigente de la **Comisión Nacional del Agua**.

Método Gráfico Alemán.

Método del Road Research Laboratory.

Método del Hidrograma Unitario Triangular.

En caso de solicitarse la aplicación de un método alternativo éste deberá ser aprobado por la Autoridad correspondiente.

2.2.- COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

Se entiende por coeficiente de escurrimiento (C), a la relación existente entre el volumen de escurrimiento (V_{ES}) y el volumen de lluvia (V_{LL}); es un indicador de las pérdidas que se tienen en el escurrimiento por infiltración, evaporación y almacenamiento de agua en depresiones.

$$C = \frac{V_{ES}}{V_{LL}}$$

Donde:

V_{ES} = en m^3 o litros.

V_{LL} = en m^3 o litros.

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se requiere el conocimiento de la permeabilidad de la cuenca, la cual depende de las características de la cuenca y del uso del suelo, tipo de edificación, pavimento, zonas jardinadas, etc., se utilizarán los valores indicados en TABLAS TABLA 1 y TABLA 2 ó los obtenidos del estudio de las condiciones particulares del proyecto.

En el caso de tener una cuenca hidrológica de superficie (A), con áreas parciales de características diferentes, será necesario valuar el coeficiente de escurrimiento medio (C_m).

$$C_m = \frac{(C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_NA_N)}{A}$$

Donde:

C_1, C_2, \dots, C_N = Coeficiente de escurrimiento correspondiente a cada área parcial, adimensional.

A_1, A_2, \dots, A_N = Áreas parciales en las que se divide la cuenca, en km^2 .

A = Área total de la cuenca, en km^2 .

TABLA 1.-VALORES DEL COEFICIENTE "C", PARA ZONAS URBANIZADAS.

Tipo de Área Drenada	Coeficiente de Escurrimiento "C"
COMERCIAL	0.80
DESARROLLO HABITACIONAL	BAJA DENSIDAD: 0.45
	MEDIA DENSIDAD: 0.60
	ALTA DENSIDAD: 0.75
INDUSTRIAL	0.80
RECREATIVAS	0.30
ZONA SUBURBANA	0.30
VIALIDADES	0.80
ESTACIONAMIENTOS	0.80
DONACIONES	USO DE SUELO

NOTAS:

Para consulta de densidades habitacionales será de acuerdo a lo estipulado en el Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población y sus Reglamentos de cada Municipio. Deberá de considerar los valores "C" señalados en el manual para proyectos de alcantarillado pluvial de la CONAGUA en caso de no indicarse en la presente tabla.

TABLA 2.-VALORES DEL COEFICIENTE "C", PARA ZONAS NATURALES

Características de la cuenca	Valores del Coeficiente "C"			
	(0.40)	(0.30)	(0.20)	(0.05)
1.- Relieve	Escarpado Terreno abrupto, Pendiente > 30%	Montañoso Pendiente 10% a 30%	Lomerío Pendiente 5% a 10%	Plano Pendiente 0% a 5%
2.-Infiltración en el suelo	Despreciable Roca o suelo fino	Baja Suelo arcilloso	Normal Suelo limoso profundo	Alta Suelo arenoso profunda
3.-Cubierta Vegetal	Pobre Cubierta de plantas con efecto de intercepción, cubierta llana o esparcida	Pobre a regular Cultivos nuevos en tiempo de cosecha, cubiertas pobres menores al 10% de áreas de drenaje con buena cubierta	Regular a buena Aproximadamente el 50% del área de drenaje en pastizales, bosques o cubierta equivalente, no mayores al 50% en áreas de cosecha o cultivos	Buena a excelente Aproximadamente el 90% de área de drenaje en pastizales, bosque o cubierta equivalente
4.-Almacenaje Superficial	Despreciable Pocas depresiones y poca profundidad, corrientes escarpadas y pequeñas, sin estanque y pantanos	Bajo Sistema bien definido de pequeñas corrientes, sin estanques y pantanos	Normal Depresiones superficiales de almacenaje, sistema de drenaje parecidos a las áreas típicas de las pampas, lagos, estanques y pantanos menores al 20% del área del drenaje	Alto Grandes depresiones superficiales de almacenaje, sistema de drenaje no muy bien definidos, cauce amplio de almacenamiento o gran número de lagos, pantanos y estanques

Nota: Para obtener el coeficiente de escurrimiento, sumar de acuerdo con las características de la cuenca en estudio los cuatros valores entre paréntesis, correspondientes a cada columna y renglón.

2.3.- INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de lluvia i de la tormenta de diseño se determina por medio de análisis estadísticos y probabilísticos de los registros pluviométricos, de las estaciones climatológicas ubicadas en la región en que se localiza el proyecto, con los datos de los registros se determinan los valores de precipitación e intensidad de lluvia con recurrencia en determinado tiempo o período de retorno.

La precipitación pluvial (p), es la altura de la lámina de lluvia que se acumularía en un sitio, sin infiltrarse o evaporarse, en determinado tiempo.

Para obtener los valores de precipitación (p) e intensidad de lluvia (i), para determinado período de retorno (Tr), cuando se cuenta con registros continuos de precipitación durante varios años, se utilizará la metodología indicada en el **Análisis Estadístico y**

Probabilístico en Hidrología, del Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial vigente de la Comisión Nacional del Agua. También se podrá utilizar el programa de ajuste de funciones de probabilidad denominado AX EXE del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), para la obtención de la altura de precipitación máxima en 24 horas (H_{p24}).

Para los Municipios del Estado, se dispuso de los registros de información pluviométrica correspondiente a precipitación máxima en 24 horas, comprendiendo un período de 64 años, de 1948 a 2011.

2.3.1.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA

Para calcular las intensidades de lluvia correspondientes a las diferentes duraciones, se considera la fórmula de altura de precipitación cuya expresión es la siguiente:

$$H_p = \frac{K_{24} D^{(1-e)}}{1-e}$$

Donde:

- H_p = Altura de precipitación en mm, para una duración y período de retorno dado.
- D = Duración de la tormenta de diseño, en horas.
- e = Parámetro estadístico, que en este caso se consideró 0.75.
- K_{24} = Parámetro asociado a la duración y al período de retorno.

El parámetro K_{24} se calcula empleando la expresión:

$$K_{24} = \frac{H_{p24H}(1-e)}{24^{(1-e)}}$$

Donde el factor H_{p24H} representa la altura máxima de precipitación en 24 horas, sin considerar intervalo de confianza.

De esta manera una vez determinada la altura de precipitación (H_p) se calcula la intensidad de lluvia (i) dividiendo la altura de precipitación entre la duración de la tormenta, la cual se considera como:

$$i = \frac{H_p}{D}$$

Donde:

- i = Intensidad de lluvia en mm
- H_p = Altura de precipitación en mm, para una duración y período de retorno dados.
- D = Duración de la tormenta considerada, en h. (Tiempo de Concentración).

2.4.- PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno de un evento de precipitación pluvial, es el intervalo de tiempo en que ocurre al menos uno de intensidad específica o mayor. Generalmente no se cuenta con la longitud temporal suficiente de registros por lo que es preciso estimar la probabilidad de que ocurra un evento específico en un intervalo de tiempo dado.

El período de retorno se define como el inverso de la probabilidad de que ocurra un evento en un cierto número de años.

$$T_r = \frac{1}{p(x)}$$

Donde:

T_r = Período de retorno del evento x en años.

$$p(x) = \frac{1}{T_r}$$

$p(x)$ = Probabilidad de que un evento mayor o igual a x ocurra en algún año.

El período de retorno, se define de acuerdo con el tipo de obra a proyectar.

2.4.1.- METODOLOGÍAS PARA EVALUAR EL PERÍODO DE RETORNO.

Existen en la actualidad, diversas metodologías para evaluar el período de retorno en una obra de alcantarillado pluvial; estas se definen en función a la importancia de la obra, misma que se relaciona con el factor de riesgo.

Se consideran así 3 niveles de obra a los que se asociarán diferentes períodos de retorno:

OBRAS LOCALES DE CARÁCTER SECUNDARIO.- Se determina el período de retorno en base a tablas que presentan diversos valores en función del uso de suelo y del tipo de vialidad, que será servida por la obra que se proyecta y una vez fijado este valor, calculará la tormenta de diseño correspondiente a ese período de retorno. Concretamente se aplicará esta metodología en los proyectos de carácter secundario tales como: lavaderos, cunetas y vados o conductos que formen parte de la red secundaria de alcantarillado pluvial y que no confluyen directamente al emisor principal de la cuenca. Para el efecto, la TABLA 3, proporciona los valores necesarios del período de retorno; es muy importante usarlas de manera conjunta.

OBRAS DE DRENAJE PRIMARIO.- Se refiere a subcolectores y colectores; de estos últimos, exceptuando los que descarguen directamente al cauce o emisor principal. Para este tipo de conductos y sus obras accesorias (alcantarillas, transiciones, vados, puentes-canal, etc.) se utilizará un periodo de retorno de 15 años.

EMISORES Y COLECTORES PRINCIPALES QUE CONFLUYEN A LOS EMISORES.- Para cauces o conductos que sirvan para la emisión de aguas pluviales producto de subcuencas naturales (no urbanizadas) el período de retorno será de 25 a 50 años. Para

el caso de que tales emisores sirvan a subcuencas urbanas, el periodo de retorno será de 50 a 100 años.

TABLA 3.-VALORES DEL PERIODO DE RETORNO (Tr)

ÁREA DRENADA	PERIODO DE RETORNO Tr AÑOS
USO DE SUELO	
COMERCIAL	5
INDUSTRIAL	5
DESARROLLOS HABITACIONALES	5 ⁽¹⁾
ZONA RECREATIVA	3 ⁽¹⁾
VIALIDADES	
AUTOPISTAS URBANAS Y VIALIDADES	5
VIALIDAD DE ACCESO A INSTALACIONES DE SEGURIDAD NACIONAL Y SERVICIOS PÚBLICOS VITALES	10

⁽¹⁾ Para el caso del Municipio de Mexicali el periodo de retorno será de 2 años

*Deberá de considerar los valores "tr" señalados en el manual para proyectos de alcantarillado pluvial de la CONAGUA en caso de no indicarse en la presente tabla.

2.5.- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración t_c a un punto dado, corresponde al intervalo de tiempo que transcurre desde que una partícula de agua cae en la parte más lejana de la cuenca hasta la salida de ésta y depende exclusivamente de las características físicas de la cuenca.

El tiempo de concentración t_c , está formado por el tiempo de ingreso t_i y el tiempo de recorrido t_r . El tiempo de ingreso t_i , es el tiempo que transcurre desde que la partícula de agua cae a la superficie, hasta su llegada a un cauce. El tiempo de recorrido t_r es el tiempo que tarda el flujo en llegar al punto considerado a las estructuras de captación, una vez que ha llegado al cauce.

$$t_c = t_i + t_r$$

Debido a la dificultad de evaluar correctamente el tiempo de ingreso t_i , este se supondrá de 15 minutos para tramos cabeceros.

Para el caso de conductos artificiales, (canales, tuberías, etc.), t_r se podrá evaluar como:

$$t_r = \frac{L}{3600V}$$

Donde:

t_r =Tiempo de recorrido, en horas.

L =Longitud del conducto, en metros.

V =Velocidad media del flujo en el conducto, en m/s.

Para el cálculo de la velocidad (V) se utilizará la ecuación de Manning, ver el apartado 3.2 de estas Normas.

Para el cálculo del tiempo de concentración (t_c), en sistemas de conductos de geometría definida, el tiempo de ingreso (t_i) correspondiente a tramos subsecuentes al tramo cabecero, se tomará como el tiempo de concentración (t_c) del tramo anterior.

El tiempo de ingreso (t_i) en un tramo de cauce o conducto al que fluyan dos o más tramos, corresponderá al mayor tiempo de concentración (t_c) de los tramos que al inicio del tramo analizado confluyen, empleándose el mismo criterio en el caso de tiempo de concentración.

Para calcular el tiempo de concentración en cuencas naturales se emplea la fórmula de Kirpich.

$$t_c = 0.0003245 \left(\frac{L^{0.770}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración, en horas.

L = Longitud del cauce, en metros.

S = Pendiente media del cauce principal, hasta el punto considerado, adimensional.

2.6.- SUPERFICIE DRENADA

La superficie drenada A para un proyecto determinado, corresponde a la superficie de la cuenca hidrológica, en proyección horizontal, que incide en el predio en estudio.

La cuenca hidrológica, es el área de terreno donde el escurrimiento superficial drena hacia un cauce natural o artificial. Las condiciones topográficas del terreno definen la cuenca hidrológica.

2.7.- PENDIENTE DEL CAUCE

La pendiente (S) del cauce, queda determinada por las condiciones topográficas del terreno y se define como la relación del desnivel entre los extremos del cauce (H) y la longitud total (L) del cauce proyectado en el plano horizontal.

$$S = \frac{H}{L}$$

La definición anterior es válida únicamente para cauce con pendiente uniforme. En el caso de tener cauces con N tramos de pendiente diferente a lo largo del mismo, será necesario valuar la pendiente media (S_m) ponderada (fórmula de Taylor Schwartz).

$$S_m = \left[\frac{N}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_N}} \right)} \right]^2$$

Donde:

- S_m = Pendiente media, adimensional.
 S_1, S_2, \dots, S_N = Pendiente uniforme de cada tramo, adimensional.
 N = Número de tramos de pendiente uniforme en las que se divide el cauce.

Así también para tramos con longitudes desiguales se utilizará la siguiente fórmula:

$$S_m = \left[\frac{L}{\left(\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_N}{\sqrt{S_N}} \right)} \right]^2$$

Donde:

- S_m = Pendiente media del cauce en estudio, en porcentaje.
 L = Longitud total del cauce de la cuenca.
 l_1, l_2, \dots, l_N = Longitudes parciales de cada tramo en el análisis
 S_1, S_2, \dots, S_N = Pendiente media de cada tramo.
 N = Número de tramos analizados.

El análisis estadístico y probabilístico de los registros de precipitación máxima en 24 horas, durante los años 1948-2011 para la ciudad de **Mexicali B. C.** y puerto de **San Felipe** municipio de **Mexicali, B. C.**, de acuerdo a las estaciones climatológicas No. 24 de Mexicali, Estaciones de San Felipe y Observatorio de la CONAGUA dan como resultado los valores de i_p indicados en **TABLA 4** y **TABLA 5** respectivamente. Así mismo para la zona valle podrán ser utilizadas los valores de la **TABLA 4**. Estación climatológica No. 16 de la Presa (Emilio López Zamora) de la ciudad de **Ensenada** **TABLA 9** y Estación climatológica No. 23 Las Escobas del poblado de **San Quintín** municipio de **Ensenada** **TABLA 10**, B.C. Estación climatológica No. 21 La Puerta de **Tecate**, B.C **TABLA 13**.

Las Sigüientes tablas (**TABLA 4** **TABLA 5** **TABLA 6** **TABLA 8** **TABLA 9** **TABLA 10** **TABLA 11** **TABLA 12** **TABLA 13** y **TABLA 14**), deberán ser actualizadas por la **Autoridad Correspondiente** cada dos años de acuerdo con los registros de las precipitaciones que se tengan respectivamente en cada zona.

TABLA 4.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO MEXICALI B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	INTENSIDAD EN MM/HR DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	33.34	24.60	19.83	16.77	14.63	13.03	11.79	10.79	9.97	9.28	8.70	7.75	7.01	6.42	5.93	5.52	5.17
5	57.38	42.34	34.15	28.86	25.17	22.42	20.29	18.57	17.16	15.98	14.97	13.33	12.06	11.04	10.20	9.50	8.90
10	73.46	54.20	43.68	36.95	32.22	28.71	25.97	23.77	21.97	20.45	19.16	17.07	15.44	14.14	13.06	12.16	11.39
20	88.59	65.36	52.68	44.56	38.87	34.62	31.32	28.67	26.50	24.67	23.11	20.59	18.62	17.05	15.75	14.67	13.74
30	97.13	71.66	57.76	48.86	42.61	37.96	34.34	31.44	29.05	27.05	25.34	22.57	20.42	18.69	17.27	16.08	15.07
40	103.07	76.05	61.29	51.84	45.22	40.28	36.44	33.36	30.83	28.70	26.89	23.95	21.67	19.84	18.33	17.06	15.99
50	107.58	79.37	63.97	54.11	47.19	42.04	38.03	34.82	32.17	29.97	28.06	25.00	22.62	20.70	19.13	17.81	16.69
100	121.21	89.43	72.07	60.96	53.17	47.37	42.85	39.23	36.25	33.75	31.62	28.17	25.48	23.33	21.55	20.07	18.80
500	148.78	109.77	88.47	74.83	65.27	58.14	52.60	48.16	44.50	41.43	38.81	34.57	31.28	28.63	26.46	24.63	23.08

TABLA 5.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO Y PUERTO DE SAN FELIPE MUNICIPIO DE MEXICALI, B. C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	INTENSIDAD EN MM/HR DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	33.39	24.64	19.86	16.80	14.65	13.05	11.81	10.81	9.99	9.30	8.71	7.76	7.02	6.73	5.94	5.53	5.18
5	58.94	43.49	35.05	29.65	25.86	23.03	21.84	19.08	17.63	16.41	15.37	13.70	12.39	11.34	10.48	9.76	9.14
10	123.53	91.14	73.45	62.13	54.19	48.27	43.67	39.98	36.94	34.40	32.22	28.70	25.97	23.77	21.97	20.45	19.16
20	203.76	150.33	121.16	102.48	89.39	79.63	72.04	65.95	60.94	56.73	53.15	47.35	42.83	39.21	36.23	33.73	31.60
30	245.53	181.15	146.00	123.50	107.71	95.95	86.81	79.47	73.43	68.37	64.05	57.05	51.62	47.25	43.66	40.65	38.08
40	274.08	202.21	162.97	137.85	120.24	107.11	96.90	88.71	81.97	76.31	71.49	63.69	57.62	52.75	48.74	45.38	42.51
50	295.80	218.24	175.88	148.78	129.76	115.60	104.58	95.74	88.46	82.36	77.16	68.73	62.18	56.93	52.60	48.97	45.88
100	361.69	266.85	215.06	181.92	158.67	141.35	127.88	117.06	108.17	100.71	94.34	84.04	73.04	69.61	64.32	59.88	56.10
500	510.94	376.96	303.80	256.99	224.14	199.67	180.64	165.37	152.81	142.26	133.28	118.73	107.41	98.33	90.86	84.59	79.25

Nota: Para la utilización de la fórmula referida en el apartado 2.3.1, de este manual, el tiempo de la duración de la tormenta en minutos de estas tablas deberá ser convertidas a horas. Las tablas de alturas máximas de precipitación en 24 horas (Hp24H) para la ciudad de Mexicali y San Felipe, consultarlas en la página 19 de este documento

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estación climatológica No. 24 de Mexicali, Estaciones de San Felipe B.C. y Observatorio.

TABLA 6
TABLA 7.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO MEXICALI B. C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	ALTURA EN MM																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
ANOS	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	5.56	6.15	6.61	6.99	7.31	7.60	7.86	8.09	8.31	8.51	8.70	9.04	9.35	9.62	9.88	10.12	10.34
5	9.56	10.58	11.37	12.03	12.59	13.08	13.53	13.93	14.30	14.65	14.97	15.56	16.08	16.56	17.01	17.42	17.80
10	12.24	13.55	14.56	15.39	16.11	16.75	17.31	17.83	18.31	18.75	19.16	19.91	20.59	21.20	21.77	22.30	22.79
20	14.77	16.34	17.56	18.57	19.43	20.20	20.88	21.51	22.08	22.61	23.11	24.02	24.83	25.57	26.26	26.89	27.48
30	16.19	17.92	19.25	20.36	21.31	22.14	22.89	23.58	24.21	24.79	25.34	26.33	27.23	28.04	28.79	29.48	30.13
40	17.18	19.01	20.43	21.60	22.61	23.50	24.29	25.02	25.69	26.31	26.89	27.94	28.89	29.75	30.55	31.29	31.97
50	17.93	19.84	21.32	22.55	23.60	24.52	25.36	26.11	26.81	27.46	28.06	29.16	30.15	31.05	31.88	32.65	33.37
100	20.20	22.36	24.02	25.40	26.59	27.63	28.57	29.42	30.21	30.94	31.62	32.86	33.97	34.99	35.92	36.79	37.60
500	24.80	27.44	29.49	31.18	32.63	33.92	35.07	36.12	37.08	37.97	38.81	40.33	41.70	42.95	44.10	45.16	46.15

TABLA 8.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO Y PUERTO DE SAN FELIPE MUNICIPIO DE MEXICALI, B. C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	ALTURA EN MM																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
ANOS	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	5.57	6.16	6.62	7.00	7.32	7.61	7.87	8.11	8.32	8.52	8.71	9.05	9.36	9.64	9.90	10.14	10.36
5	9.82	10.87	11.68	12.35	12.93	13.44	13.89	14.31	14.69	15.04	15.37	15.98	16.52	17.01	17.47	17.89	18.28
10	20.59	22.78	24.48	25.89	27.10	28.16	29.12	29.99	30.79	31.53	32.22	33.49	34.63	35.66	36.61	37.49	38.32
20	33.96	37.58	40.39	42.70	44.69	46.45	48.03	49.46	50.78	52.01	53.15	55.24	57.11	58.82	60.39	61.85	63.21
30	40.92	45.29	48.67	51.46	53.86	55.97	57.87	59.60	61.19	62.67	64.05	66.56	68.82	70.88	72.77	74.53	76.17
40	45.68	50.55	54.32	57.44	60.12	62.48	64.60	66.53	68.31	69.95	71.49	74.30	76.82	79.12	81.23	83.19	85.02
50	49.30	54.56	58.63	61.99	64.88	67.43	69.72	71.80	73.72	75.50	77.16	80.19	82.91	85.39	87.67	89.78	91.76
100	60.28	66.71	71.69	75.80	79.33	82.45	85.25	87.80	90.14	92.31	94.34	98.05	101.38	104.41	107.20	109.78	112.20
500	85.16	94.24	101.27	107.08	112.07	116.47	120.43	124.03	127.34	130.41	133.28	138.51	143.21	147.49	151.43	155.08	158.49

Nota: Para la utilización de la fórmula referida en el apartado 2.3.1 de este manual, el tiempo de la duración de la tormenta en minutos de estas tablas deberá ser convertidas a horas. Las tablas de alturas máximas de precipitación en 24 horas (Hp24H) para la ciudad de Mexicali y San Felipe, consultarlas en la página 19 de este documento

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estación climatológica No. 24 de Mexicali, Estaciones de San Felipe B. C. y Observatorio.

TABLA 8.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	INTENSIDAD EN MM/HR DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	62.98	46.46	37.45	31.68	27.63	24.61	22.27	20.38	18.83	17.54	16.43	14.63	13.24	12.12	11.20	10.43	9.77
5	83.31	61.47	49.54	41.90	36.55	32.56	29.46	26.96	24.92	23.20	21.73	19.36	17.51	16.03	14.82	13.79	12.92
10	99.23	73.21	59.00	49.91	43.53	38.78	35.08	32.12	29.68	27.63	25.88	23.06	20.86	19.10	17.65	16.43	15.39
20	114.59	84.54	68.14	57.64	50.27	44.78	40.51	37.09	34.27	31.91	29.89	26.63	24.09	22.05	20.38	18.97	17.77
30	123.48	91.10	73.42	62.11	54.17	48.25	43.66	39.96	36.93	34.38	32.21	28.69	25.96	23.76	21.96	20.44	19.15
40	129.78	95.75	77.17	65.28	56.93	50.72	45.88	42.01	38.81	36.14	33.85	30.16	27.28	24.98	23.08	21.49	20.13
50	134.68	99.37	80.08	67.74	59.08	52.63	47.62	43.59	40.28	37.50	35.13	31.30	28.31	25.92	23.95	22.30	20.89
100	149.96	110.65	89.18	75.43	65.79	58.61	53.03	48.54	44.85	41.76	39.12	34.85	31.53	28.86	26.67	24.83	23.26
500	186.37	137.50	110.82	93.74	81.76	72.83	65.89	60.32	55.74	51.89	48.61	43.31	39.18	35.87	33.14	30.86	28.91

TABLA 9.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO DE SAN QUINTÍN, MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	INTENSIDAD EN MM/HR DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	37.01	25.96	21.99	18.28	16.21	14.36	13.14	11.91	11.00	10.22	9.62	8.53	7.81	7.15	6.58	6.15	5.73
5	67.11	48.57	39.94	33.55	29.45	26.16	23.76	21.71	20.12	18.65	17.43	15.56	14.01	12.83	11.92	11.19	10.42
10	87.23	63.66	51.90	43.71	38.23	34.03	30.88	28.22	26.08	24.28	22.78	20.26	18.26	16.80	15.55	14.43	13.59
20	106.59	78.19	63.44	53.54	46.77	41.63	37.71	34.49	31.87	29.66	27.79	24.83	22.39	20.45	18.98	17.57	16.47
30	117.78	86.55	70.02	59.16	51.67	45.95	41.56	38.06	35.23	32.78	30.71	27.39	24.76	22.66	20.96	19.54	18.25
40	125.78	92.55	74.77	63.18	55.13	49.07	44.38	40.66	37.61	35.04	32.85	29.26	26.48	24.18	22.38	20.89	19.43
50	131.98	97.17	78.38	66.29	57.88	51.53	46.62	42.69	39.48	36.75	34.43	30.60	27.71	25.42	23.45	21.90	20.39
100	151.18	111.60	89.88	76.03	66.29	59.06	53.43	48.89	45.15	42.06	39.42	34.85	31.73	29.06	26.87	25.03	23.46
500	196.47	145.55	116.82	98.99	86.26	76.88	69.49	63.67	58.84	54.74	51.21	45.71	41.38	37.77	34.94	32.56	30.51

TABLA 10.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	ALTURA EN MM																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
ANOS	10.50	11.62	12.48	13.20	13.81	14.36	14.84	15.29	15.70	16.07	16.43	17.07	17.65	18.18	18.67	19.12	19.54
2	13.89	15.37	16.51	17.46	18.27	18.99	19.64	20.22	20.76	21.26	21.73	22.59	23.35	24.05	24.69	25.29	25.84
5	16.54	18.30	19.67	20.80	21.77	22.62	23.39	24.09	24.73	25.33	25.88	26.90	27.81	28.64	29.41	30.12	30.78
10	19.10	21.14	22.71	24.02	25.14	26.12	27.01	27.82	28.56	29.25	29.89	31.07	32.12	33.08	33.96	34.78	35.55
20	20.58	22.78	24.47	25.88	27.08	28.15	29.10	29.97	30.77	31.52	32.21	33.47	34.61	35.64	36.60	37.48	38.30
30	21.63	23.94	25.72	27.20	28.47	29.59	30.59	31.50	32.34	33.12	33.85	35.18	36.38	37.46	38.46	39.39	40.26
40	22.45	24.84	26.69	28.23	29.54	30.70	31.75	32.69	33.57	34.38	35.13	36.51	37.75	38.88	39.92	40.88	41.78
50	25.00	27.66	29.73	31.43	32.90	34.19	35.35	36.41	37.38	38.28	39.12	40.66	42.04	43.29	44.45	45.52	46.52
100	31.06	34.38	36.94	39.06	40.88	42.49	43.93	45.24	46.45	47.57	48.61	50.52	52.24	53.80	55.24	56.57	57.81

TABLA 11.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO DE SAN QUINTÍN, MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	ALTURA EN MM																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
ANOS	9.92	10.98	11.80	12.47	13.05	13.57	14.03	14.45	14.83	15.19	15.52	16.13	16.68	17.18	17.64	18.06	18.46
2	13.89	15.37	16.51	17.46	18.27	18.99	19.64	20.22	20.76	21.26	21.73	22.59	23.35	24.05	24.69	25.29	25.84
5	16.54	18.30	19.67	20.80	21.77	22.62	23.39	24.09	24.73	25.33	25.88	26.90	27.81	28.64	29.41	30.12	30.78
10	19.10	21.14	22.71	24.02	25.14	26.12	27.01	27.82	28.56	29.25	29.89	31.07	32.12	33.08	33.96	34.78	35.55
20	20.58	22.78	24.47	25.88	27.08	28.15	29.10	29.97	30.77	31.52	32.21	33.47	34.61	35.64	36.60	37.48	38.30
30	21.63	23.94	25.72	27.20	28.47	29.59	30.59	31.50	32.34	33.12	33.85	35.18	36.38	37.46	38.46	39.39	40.26
40	22.45	24.84	26.69	28.23	29.54	30.70	31.75	32.69	33.57	34.38	35.13	36.51	37.75	38.88	39.92	40.88	41.78
50	25.00	27.66	29.73	31.43	32.90	34.19	35.35	36.41	37.38	38.28	39.12	40.66	42.04	43.29	44.45	45.52	46.52
100	31.06	34.38	36.94	39.06	40.88	42.49	43.93	45.24	46.45	47.57	48.61	50.52	52.24	53.80	55.24	56.57	57.81

TABLA 12.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	INTENSIDAD EN MM/HR																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
AÑOS	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	68.23	50.34	40.57	34.32	29.93	26.66	24.12	22.08	20.40	19.00	17.80	15.85	14.34	13.13	12.13	11.30	10.58
5	99.73	73.58	59.30	50.16	43.75	38.97	35.26	32.28	29.83	27.77	26.01	23.17	20.97	19.19	17.74	16.51	15.47
10	121.62	89.73	72.32	61.17	53.36	47.53	43.00	39.37	36.37	33.86	31.73	28.26	25.57	23.41	21.63	20.14	18.86
20	143.29	105.72	85.20	72.07	62.86	56.00	50.66	46.38	42.85	39.90	37.38	33.30	30.12	27.58	25.48	23.72	22.22
30	156.07	115.15	92.80	78.50	68.47	60.99	55.18	50.52	46.68	43.46	40.71	36.27	32.81	30.04	27.75	25.84	24.21
40	165.20	121.88	98.23	83.09	72.47	64.56	58.41	53.47	49.41	46.00	43.09	38.39	34.73	31.79	29.38	27.35	25.62
50	172.36	127.16	102.48	86.69	75.61	67.36	60.94	55.78	51.55	47.99	44.96	40.05	36.23	33.17	30.65	28.54	26.73
100	194.92	143.81	115.90	98.04	85.51	76.18	68.92	63.09	58.30	54.27	50.85	45.29	40.98	37.51	34.66	32.27	30.23
500	250.09	184.51	148.70	125.79	109.71	97.73	88.42	80.94	74.79	69.63	65.24	58.11	52.58	48.13	44.47	41.40	38.79

TABLA 13.-ALTIMA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, B.C.

PERIODO DE RETORNO (Tr)	ALTURA EN MM																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
AÑOS	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120
2	11.37	12.58	13.52	14.30	14.96	15.55	16.08	16.56	17.00	17.41	17.80	18.50	19.12	19.69	20.22	20.71	21.16
5	16.62	18.40	19.77	20.90	21.88	22.74	23.51	24.21	24.86	25.45	26.01	27.04	27.95	28.79	29.56	30.27	30.94
10	20.27	22.43	24.11	25.49	26.68	27.73	28.67	29.52	30.31	31.04	31.73	32.97	34.09	35.11	36.05	36.92	37.73
20	23.88	26.43	28.40	30.03	31.43	32.67	33.77	34.78	35.71	36.57	37.38	38.85	40.16	41.36	42.47	43.49	44.45
30	26.01	28.79	30.93	32.71	34.23	35.58	36.79	37.89	38.90	39.84	40.71	42.31	43.75	45.05	46.26	47.37	48.41
40	27.53	30.47	32.74	34.62	36.24	37.66	38.94	40.10	41.17	42.17	43.09	44.79	46.31	47.69	48.96	50.14	51.25
50	28.73	31.79	34.16	36.12	37.81	39.29	40.62	41.84	42.96	43.99	44.96	46.73	48.31	49.75	51.08	52.31	53.47
100	32.49	35.95	38.63	40.85	42.76	44.44	45.94	47.32	48.58	49.75	50.85	52.84	54.64	56.27	57.77	59.16	60.47
500	41.68	46.13	49.57	52.41	54.86	57.01	58.95	60.71	62.33	63.83	65.24	67.80	70.10	72.19	74.12	75.91	77.58

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

El análisis estadístico y probabilístico de los registros de la estación climatológica ubicada en la Presa Abelardo L. Rodríguez, de precipitación máxima en 24 horas durante los años 1948-2011 para la ciudad de Tijuana, da como resultado la obtención de los valores de (K24) indicados en la TABLA 14 para diferentes períodos de retorno, respectivamente. Estos valores se obtuvieron aplicando el método Gumbel I a la raíz cuadrada de los eventos máximos observados.

TABLA 14.-CÁLCULO DE LOS VALORES DE HP24HR Y K24 PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO. (DATOS ESTADÍSTICOS DE 1948 A 2011)

TR	HP	σ HP	σ N	σ HP/ σ N	YN	$\frac{Tr}{Tr - 1}$ (i)	LN(LN(i))	HP24HR ^{0.5}	HP24HR	K24
1.5	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	3.00000	0.09405	5.00146	25.01465	2.83
2	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	2.00000	-0.36651	5.58349	31.17532	3.52
3	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.50000	-0.90272	6.26110	39.20142	4.43
5	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.25000	-1.49994	7.01582	49.22179	5.56
10	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.11111	-2.25037	7.96416	63.42779	7.16
15	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.07143	-2.67375	8.49920	72.23636	8.16
20	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.05263	-2.97020	8.87382	78.74468	8.89
25	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.04167	-3.19853	9.16238	83.94915	9.48
30	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.03448	-3.38429	9.39713	88.30599	9.97
50	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.02041	-3.90194	10.05129	101.02834	11.41
100	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.01010	-4.60015	10.93363	119.54427	13.50
150	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00671	-5.00729	11.44815	131.06007	14.80
200	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00503	-5.29581	11.81276	139.54120	15.76
500	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00200	-6.21361	12.97259	168.28821	19.01
1000	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00100	-6.90726	13.84917	191.79960	21.66
2000	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00050	-7.60065	14.72544	216.83846	24.49
5000	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00020	-8.51709	15.88356	252.28758	28.50
10000	5.81953	1.49031	1.17930	1.26372	0.55330	1.00010	-9.21029	16.75957	280.88327	31.73

Tablas de periodo tablas las alturas máximas de precipitación en 24 horas para de la ciudad de Mexicali y San Felipe.

Mexicali	
Periodo de Retorno (Tr)	Hp24H
2	19.25
5	33.13
10	42.41
20	51.15
30	56.08
40	59.51
50	62.11
100	69.98
500	85.90

San Felipe	
Periodo de Retorno (Tr)	Hp24H
2	19.28
5	34.03
10	71.32
20	117.64
30	141.76
40	158.24
50	170.78
100	208.82
500	294.99

3.- DISEÑO DE CONDUCTOS A GRAVEDAD

3.1.- GASTO DE DISEÑO

El gasto de diseño para conductos, corresponde al gasto obtenido del análisis de aportación pluvial indicada en el apartado 2.1.- GASTO PLUVIAL.

3.2.- CONDUCTOS

La geometría de los conductos pluviales está basada en el diseño hidráulico y en factores económicos, el conducto deberá diseñarse de manera que su capacidad sea tal, que el agua fluya sin presión, a gravedad y con un tirante que permita arrastrar las partículas sólidas.

Para el cálculo de la velocidad del flujo en conductos a gravedad, se utilizará la fórmula de Manning.

$$V = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

- V = Velocidad del flujo en m/s.
- S = Pendiente geométrica del conducto, adimensional.
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning del conducto, adimensional.
- R_h = Radio hidráulico del conducto, en m.

$$R_h = \frac{A_h}{P_m}$$

Donde:

- A_h = Área hidráulica transversal del flujo, en m².
- P_m = Perímetro mojado del flujo en m.

3.2.1.- TUBERÍAS

La tubería pluvial es un conducto que cumple la función de conducir los escurrimientos superficiales que ingresan al sistema subterráneo. En la actualidad las tuberías mayormente utilizadas para este tipo de infraestructura son las de policloruro de vinilo "PVC" y el polietileno de alta densidad "PAD".

Además de las tuberías de PVC y PAD, también podrán utilizarse las tuberías de concreto, poliéster reforzado con fibra de vidrio o polietileno reforzado de acero previa aprobación de la **Autoridad Correspondiente** y sustentado en estudio que garantice que la tubería cumple con especificaciones para su operación e instalación en las condiciones específicas del sitio y de durabilidad.

Para evitar actos de vandalismo en tramos de cruce carretero se recomienda utilizar cajones de concreto armado cuando se justifique el gasto de diseño a conducir, en caso contrario podrán utilizarse tuberías de concreto, sustentado en estudio que garantice que

la tubería cumple con especificaciones de operación e instalación para las condiciones del sitio de proyecto.

3.2.1.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

Se obtendrá de la tabla siguiente para tuberías:

TABLA 15.-COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

M A T E R I A L	Coefficiente
Concreto Simple y/o Reforzado	0.013
PVC Policloruro de vinilo	0.010
PAD Polietileno alta densidad	0.011
PAD Polietileno alta densidad, reforzado de acero	0.011
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.010

Nota: En el caso de requerirse otro tipo de material no indicado en la tabla anterior, deberán de apegarse al manual para proyectos de alcantarillado pluvial de la CONAGUA vigente para obtener el coeficiente de rugosidad recomendado.

3.2.1.2.- PENDIENTE Y VELOCIDAD

Para un mejor funcionamiento hidráulico, la pendiente debe ser continua tanto como sea posible, de acuerdo con las condiciones del terreno.

Se aceptará como pendiente mínima, aquella que produce en el tramo una velocidad mínima para cada tipo de tubería, recomendándose una velocidad mínima permisible de **0.60 m/s**, para que no se depositen sólidos en las tuberías que provoquen azolves y taponamientos, así mismo se permitirá una velocidad mínima de **0.40 m/s** en conductos abiertos

Desde el punto de vista de construcción y supervisión se recomienda, para tuberías hasta 61cm \varnothing , pendiente mínima de 1 milésima y para diámetros mayores pendiente mínima hasta de 0.7 milésimas, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Se aceptará como pendiente máxima aquella que produce en el tramo una velocidad máxima para cada tipo de tubería, recomendándose como velocidad máxima permisible los valores indicados en **TABLA 16**, para que no se erosione el conducto.

TABLA 16.-VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS

M A T E R I A L	V_{máx} (m/s)
Concreto Simple y/o Reforzado	3.00
PVC Policloruro de vinilo	5.00
PAD Polietileno alta densidad	5.00
PAD Polietileno alta densidad, reforzado de acero	5.00
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	3.00

3.2.1.3.- DIÁMETRO MÍNIMO

El diámetro mínimo que deben tener los conductos será de 20 cm (8") para conexión de coladera pluvial a pozo de visita y de 25 cm (10") para tuberías de la red.

Por cuestiones de operación y mantenimiento, para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA** el diámetro mínimo que deben tener los conductos será de 38 cm (15") para conexión de coladera pluvial y/o rejillas a pozo de visita y de 45 cm (18") para tuberías de la red.

El diámetro máximo para colectores y subcolectores será determinado en función de la capacidad de la conducción requerida, previa aprobación de la **Autoridad Correspondiente**.

3.2.1.4.- PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN

La profundidad mínima a nivel de lomo de tubo será de 1.20 m, para tuberías principales de cualquier diámetro, para evitar rupturas de los conductos, ocasionadas por cargas vivas.

En redes, la profundidad mínima deberá permitir la correcta conexión de las coladeras pluviales, considerando que éstas tendrán como mínimo, una pendiente de 20 milésimas y que se localizan en la cuneta de la vialidad.

La profundidad máxima dependerá de las especificaciones del fabricante.

En casos extraordinarios se permitirá modificar la profundidad mínima y/o máxima de instalación de tuberías, de acuerdo con el análisis que sustente la resistencia y deflexión de la tubería para las condiciones específicas del sitio.

3.2.1.5.- ZANJA, PLANTILLA Y RELLENOS

Todas las tuberías deben instalarse en condición de zanja, debiendo ser ésta de paredes verticales como mínimo desde la plantilla de tubería hasta el lomo del tubo.

Los anchos de zanja (**b**) necesarios para la instalación de las tuberías, según la profundidad y el diámetro de tubería, se muestran en la TABLA 17 y en **ANEXO APL-1**.

Los conductos de la red pluvial, deberán quedar perfectamente apoyados en la plantilla que deberá estar nivelada y compactada, de 10 cm de espesor mínimo, con material de banco clasificación SUCS tipo **SM**. Para que la tubería apoye en toda la longitud sobre la plantilla, se excavarán a mano las cavidades para alojar la campana o cople de las juntas. Para plantilla bajo el nivel freático se utilizará material pétreo hasta estabilizar el desplante.

El relleno se realizará en dos etapas:

1.- Hasta 30 cm por arriba del lomo del tubo, formado con material de banco tipo **SM**, compactado en capas de 20 cm al 90% de la prueba Proctor. En tramos donde exista nivel freático se realizará con arena de banco tipo **SW** compactado por el método del

entarquinado como mínimo al 90%, hasta rebasar el nivel freático. Sin embargo se deberá de revisar la ficha técnica del fabricante para establecer el material y compactación recomendado, derivado de las condiciones donde se instalará la tubería.

2.- Hasta alcanzar el nivel superior de las terracerías, formado con material producto de la excavación libre de piedras, materia orgánica y desechos, en capas de 20 cm, compactado al 95% de la prueba Proctor.

TABLA 17.-ANCHO DE ZANJA b EN cm.

Diámetro Nominal		PROFUNDIDAD DE ZANJA						
cm	Pulgadas	hasta 125 cm	De 126 cm a 175 cm	de 176 cm a 225 cm	de 226 cm a 275 cm	De 276 cm a 325 cm	de 326 cm a 375 cm	de 376 cm a 425 cm
* 20	* 8	60	60	65	65	70		
* 25	* 10		70	70	70	70	70	75
* 30	* 12		75	75	75	75	75	75
38	15		90	90	90	90	90	90
45	18		110	110	110	110	110	110
53	21		125	125	125	125	125	125
61	24		135	135	135	135	135	135
68	27		145	145	145	145	145	145
76	30			155	155	155	155	155
91	36			175	175	175	175	175
107	42				190	190	190	190
122	48				210	210	210	210
152	60				245	245	245	245
183	72					280	280	280
213	84					320	320	320
244	96					360	360	360

* Solo el Municipio de Mexicali.

NOTAS:

- 1.- Las tuberías que se instalarán, serán con juntas de espiga y campana; a no ser que expresamente se indique otro tipo de junta, debiendo excavar conchas para facilitar el junteo de los tubos y la inspección de las juntas.
- 2.- Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente como mínimo el ancho de zanja que indica esta tabla. A partir de ese punto, podrá dársele a la zanja, el talud a sus paredes que se haga necesario para evitar el ademe, a juicio del Residente Supervisor de Obra de la **Autoridad Correspondiente**.
- 3.- La amplitud dada a las zanjas permite el empleo de ademe; en algunos casos arriba del lomo o costilla del tubo, sin tener que aumentar el ancho de las mismas.
- 4.- Se deberá colocar una banda de plástico preventiva de ancho de 7.5 cm (3") de color blanco con la leyenda: **Precaución Tubería de Alcantarillado Pluvial**, colocada a 50 cm sobre el lomo del tubo y a todo lo largo del eje longitudinal de la tubería.

3.2.1.6.- ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS

Las tuberías para alcantarillado pluvial en conducción a gravedad, deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

TABLA 18.-ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN A GRAVEDAD.

MATERIAL	TUBERÍA	JUNTA	EMPAQUE
PVC LISO	ASTM F-794	ASTM D-3212	ASTM F-477
	ASTM F-1803	ASTM D-3212	ASTM F-477
PVC CORRUGADO	ASTM F-949	ASTM D-3212	ASTM F-477
PAD CORRUGADO	AASHTO M252	ASTM D-3212	ASTM F-477
PAD CORRUGADO	AASHTO M294	ASTM D-3212	ASTM F-477
PAD CORRUGADO	ASTM F-894	ASTM D-3212	ASTM F-477
POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)	ASTM D3262, ASTM D3681, ASTM D2992, NMX-E-254/2-CNCP-2007.	ASTM D4161	ASTM F-477
PAD REFORZADA CON ACERO	ASTM F2562, ASTM D3350	ASTM D-3212	ASTM F-477

Todas las juntas de las tuberías deberán garantizar que no habrá filtración, para las condiciones de trabajo y de prueba en campo. Cuando se trate de productos y/o materiales nuevos que pretendan ingresar al mercado en Baja California, deberán éstos obligarse a contar con los permisos y certificaciones correspondientes por parte de la Comisión Nacional de Agua, la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado y la Comisión Estatal del Agua.

3.2.1.7.- PRUEBA DE HERMETICIDAD EN TUBERÍAS

Todos los conductos pluviales que transporten el fluido por gravedad, deberán cumplir con la condición de hermeticidad, por lo que se deberá realizar la prueba correspondiente tan pronto como se tengan construidos los pozos de visita.

La prueba debe llevarse a cabo en las tuberías y en los pozos de visita o registros, en tramos comprendidos entre dos pozos de visita, asegurando la posición de las tuberías con material de relleno en el centro y dejando descubiertas las juntas.

3.2.1.7.1.- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN TUBERÍAS

La prueba hidrostática se hará manteniendo lleno de agua el tramo entre dos pozos durante un tiempo previo a la prueba, de acuerdo con el material de la tubería y aplicando una presión hidrostática de 0.5 kg/cm^2 durante 15 minutos. (Norma **NOM-001-CONAGUA-2011**).

El tramo de tubería se considera hermético si el volumen de agua agregado durante los 15 minutos del periodo de prueba no excede el valor indicado en TABLA 19.

Para llevar a cabo la prueba hidrostática se debe contar con el siguiente material y equipo:

- Agua.
- Tapones herméticos para los extremos del tramo a probar, del diámetro adecuado.
- Dispositivo para purga de aire.
- Bomba con manómetro con certificado de calibración vigente, con escala de 0 kg/cm^2 a 1.0 kg/cm^2 y división mínima de escala de 0.01 kg/cm^2 .
- Dispositivo para medir volumen con escala de 0.1 litros.
- Cronómetro.

TABLA 19.-PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA, VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL MATERIAL DE LA TUBERÍA.

Material	Diámetro Nominal	Tiempo de Preenado Horas	Agua agregada en l/m ² de área interna mojada	Presión de Prueba kg/cm ²
PVC	Todos	1	0.02	0.50
PAD	Todos	1	0.02	0.50
Concreto simple	Hasta 61 cm	24	0.15	0.50
Concreto reforzado	Todos	24	0.10	0.50
PRFV	Todos	1	0.02	0.05

3.2.1.7.2.- PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN EN TUBERÍAS

La ejecución de la prueba neumática, se podrá aplicar hasta diámetros que no excedan de 150 cm., manteniendo una presión neumática mínima de **0.30 kg/cm²**, durante un tiempo de prueba (T), con una caída permisible de presión, menor o igual a **0.07 kg/cm²**, (Norma **NOM-001-CONAGUA-2011**).

Si la caída de la presión de **0.07 kg/cm²** ó **0.035 kg/cm²** ocurre antes del tiempo especificados en la TABLA 20, la pérdida de aire será excesiva y se considera que el tramo no ha pasado la prueba; se determinará el origen de la fuga y reparará o sustituirá los materiales y trabajos defectuosos a satisfacción de la **Autoridad Correspondiente**. El tramo se volverá a probar hasta alcanzar los requerimientos de esta prueba.

El tramo de tubería se considera hermético si la caída de presión, durante el tiempo de prueba es menor o igual a **0.07 kg/cm²**, (Norma **NOM-001-CONAGUA-2011**).

Cálculo del tiempo de prueba con aire

Para calcular el tiempo de prueba (Sistema Métrico), se utiliza la siguiente expresión, establecida por Ramseier:

$$T = 1.02 \frac{dk}{q}$$

Donde:

T = Tiempo de prueba permisible para una caída de presión de 0.007 MPa, en segundos.

k = 0.0541*d*1, pero no menor a 1.0.

q = fugas permisibles = 0.0005 m³ /min/m².

d = Diámetro nominal en metros.

l = Longitud del tubo bajo prueba en metros.

TABLA 20.-PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN PARA CAÍDAS DE 0.070 kg/cm², VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

Diámetro Nominal		Tiempo mínimo	Longitud máxima para tiempo mínimo	Tiempo para otras longitudes
cm	Pulgadas	min:s	m	segundos
20	8	7:34	90.8	4.984 L
25	10	9:26	72.9	7.784 L
30	12	11:20	60.7	11.207 L
35	14	13:13	52.0	15.250 L
38	15	14:10	48.5	17.515 L
45	18	17:00	40.6	25.220 L
53	21	19:50	34.8	34.328 L
61	24	22:40	30.2	44.833 L
68	27	25:30	26.8	56.741 L
76	30	28:20	24.4	70.052 L
83	33	31:10	22.0	83.875 L
91	36	34:00	20.1	100.878 L
106	42	39:48	17.4	137.321 L
122	48	45:34	15.2	179.361 L
137	54	51:02	13.4	227.003 L
152	60	56:40	12.2	116.315 L

En el informe de la prueba deberá incluirse lo siguiente:

- a) Identificación completa del tramo probado.
- b) Resultados obtenidos de la prueba y comentarios relevantes.
- c) Referencia del método utilizado.
- d) Nombre y firma del responsable.

Para llevar a cabo la prueba neumática se debe contar con el siguiente material y equipo:

- Tapones herméticos para los extremos del tramo.
- Una válvula de cierre, una válvula de regulación de presión y una válvula de alivio calibrada.
- Manómetro con escala de 0 a 1.0 kg/cm² y división mínima de escala de 0.01 kg/cm².
- Compresor de 1000 litros de capacidad.
- Cronómetro.

Se recomienda que al instalar los tapones se atraquen adecuadamente contra la pared del pozo o registro y que no se utilicen presiones mayores de 0.6 kg/cm².

3.2.1.7.3.- NÚMERO DE PRUEBAS

La prueba de hermeticidad se aplicará acorde a la Norma **NOM-001-CONAGUA-2011** a todos los tramos de colectores, subcolectores y atarjeas, de acuerdo con el siguiente plan de muestreo:

- 1.- Se tomarán **10** muestras, cada una con longitud equivalente al **10%** de la longitud total de la red de alcantarillado por instalar.

2.- Se aplicará la prueba a la primera muestra, en tramos de pozo a pozo, hasta completar la longitud de la muestra, cuantificando el porcentaje de rechazo en función del número de juntas o tubos fallados.

3.- Se aplicará la prueba a la segunda muestra, de acuerdo con los resultados obtenidos en el muestreo anterior y los siguientes lineamientos:

- a) Si el rechazo en la muestra anterior fue menor al 5%, el muestreo se reduce al 50% en la segunda muestra.
- b) Si el rechazo en la muestra anterior fue mayor al 5%, el muestreo se aplicará al 100% en la segunda muestra.

4.- En las siguientes muestras se continuará con el muestreo indicado en el punto 3.

3.2.1.7.4.- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN POZOS DE VISITA Y REGISTROS

La prueba hidrostática se hará llenando el pozo con agua hasta el nivel del brocal, durante 24 horas previas a la prueba, manteniendo la carga hidráulica durante un tiempo mínimo de 15 minutos, con una pérdida de volumen de agua, menor o igual al volumen permisible (V_p).

$$V_p = 4 \emptyset h$$

Donde:

- V_p = Volumen de pérdida de agua (litros) permisible por agregar en una hora.
 \emptyset = Diámetro de la base del pozo de visita, en metros.
 h = Carga hidráulica en metros.

El pozo se considera hermético si el volumen de agua perdido durante los 15 minutos del período de prueba no excede el volumen de pérdida de agua permisible.

Para llevar a cabo la prueba hidrostática en pozos, se debe contar con el siguiente material y equipo:

- Agua.
- Tapones herméticos para los extremos de los tubos, del diámetro o diámetros adecuados.
- Dispositivo para medir volumen con escala de 0.5 litros.
- Cronómetro.

3.2.1.8.- DERECHO DE PASO

El ancho de la servidumbre de paso queda definido, para cada diámetro de tubería, por el ancho de la parte superior de la excavación, la zona donde depositar los materiales producto de excavación, y por el tipo de maquinaria a utilizar.

TABLA 21.-DERECHO DE PASO

Tipo de estructura	ANCHO DEL PASO DE SERVICIO	
	Sección mínima	Área adicional
Redes	6.0 m	La que determine la Autoridad correspondiente debido a la profundidad y ubicación
Cajones	6.0 m	La que determine la Autoridad correspondiente debido a la profundidad, ubicación y cuando la estructura exceda la dimensión mínima del paso de servicio
Canales	Ancho de corona	5.0 m (de camino para mantenimiento)
Sistemas de cunetas, canaletas y lavaderos	4.0 m	La que determine la Autoridad correspondiente debido a la profundidad, ubicación y cuando la estructura exceda la dimensión mínima del paso de servicio

NOTAS:

- 1.- Cuando se coloquen dos o más tuberías, su ubicación en la sección transversal, deberá ser aprobada por la **Autoridad Correspondiente**.
- 2.- Cuando la servidumbre tenga colindancia con lotes habitacionales, comerciales, industriales y/o de servicios, se colocará una barda de bloque en ambos lados de la servidumbre, de 1.80 m de altura mínima y malla ciclónica en la colindancia con vías públicas y otras servidumbres.
- 3.- En caso de servidumbre con colindancia a zona federal marítima terrestre, se podrá permitir la libre circulación hacia la playa o zona federal marítima terrestre.
- 4.- El derecho de paso deberá estar en su totalidad libre de edificación y con acceso directo a través de una vialidad pública.

3.2.2.- CANALES

La capacidad de los canales estará dada en función de los gastos de los análisis que por subcuenca y por tramo de cada cauce se presenten de acuerdo con la metodología anteriormente descrita.

3.2.2.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN CANALES

El coeficiente de rugosidad (n) para canales se obtendrá de la tabla siguiente:

TABLA 22.-COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING Y VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES

MATERIAL	n	V_{máx} (m/s)
Canales sin revestimiento		
Limo	0.030	0.50
Arena	0.030	0.75
Arcilla	0.030	1.50
Arena con pasto	0.035	1.50
Arcilla con pasto	0.035	2.50
Grava gruesa	0.030	2.40
Roca acabado perfilado	0.025	3.00
Roca acabado burdo	0.033	3.00
Canales con revestimiento		
Mampostería ó concreto ciclópeo con acabado burdo	0.030	5.80
Mampostería con acabado perfilado	0.020	5.80
Concreto con acabado pulido, floteado o escobillado	0.014	7.40
Concreto lanzado	0.018	5.00
Piedra colocada a mano	0.030	5.80
Piedra colocada a volteo	0.035	5.00
Gavión	0.028	5.00

Nota: La velocidad mínima permisible en canales, para que no se fomen azolves, será de 0.40 m/s en conductos abiertos y 0.60 m/s en conductos cerrados.

3.2.2.2.- FORMA GEOMÉTRICA

La forma geométrica de canales podrá ser rectangular (a cielo abierto o en cajón) o trapezoidal, por construcción y mantenimiento se recomienda utilizar la forma trapezoidal. La sección rectangular a cielo abierto se recomienda donde el cauce tenga limitaciones laterales y la sección rectangular en cajón se recomienda para cruces con instalaciones y vialidades.

Para facilitar las acciones de desazolve e inspección, la sección tipo cajón, tendrá una altura mínima de 2.00 metros por 2.00 de base y deberá dotarse de registros en todo cambio de dirección y en tramos intermedios, a una distancia máxima de 125 metros y de acuerdo con el equipo de desazolve a utilizar.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

La sección tipo cajón, tendrá un dimensionamiento mínimo de 1.50 metros de altura por 1.50 de base a paños interiores y deberá dotarse de registros en todo cambio de dirección y en tramos intermedios, a una distancia máxima de 100 metros.

Los elementos geométricos de diseño de un canal o cajón son los siguientes:

- 1.- Ancho de plantilla (**b**).
- 2.- Tirante del agua (**t**). Se recomienda mantener tirantes menores al ancho de la plantilla del canal (**b**).
- 3.- Pendiente (**S**), con valor máximo para velocidad que no cause erosión del material en que este alojado el canal y con valor mínimo para velocidad que no cause depósito de azolves.

4.- Talud. Relación de la distancia horizontal a la vertical en las paredes del canal, valor de acuerdo con las características resultantes del estudio de mecánica de suelos del material en el que se excave el canal.

TABLA 23.-TALUD EN CANALES

MATERIAL	Talud
Roca sana	0.25 : 1
Roca fija ligeramente alterada	0.50 : 1
Roca alterada, tepetate duro, tierra arcillosa, areniscas blandas	1.00 : 1
Material poco estable, tierras arenosas	2.00 : 1
Areniscas Blandas	1.00 : 1

5.- Bordo libre. Desnivel entre la superficie libre del agua del tirante normal y la corona de los bordos, para margen de seguridad en la operación de los canales y depende del gasto a conducir y del tipo de revestimiento.

6.- Radio hidráulico. Una vez determinada la pendiente y el coeficiente de rugosidad, se puede hacer variar la velocidad en función del radio hidráulico, que es la relación área hidráulica y el perímetro mojado.

En función del talud se determinará la sección máxima de eficiencia que es aquella que da el radio hidráulico mínimo y partiendo de ésta se determina la relación plantilla-tirante que nos da la máxima eficiencia.

En canales con gasto muy grandes generalmente la relación plantilla-tirante de máxima eficiencia resultan plantillas muy chicas y esto origina que sean difíciles de construir por lo que en estos casos se fija una dimensión mínima de plantilla que constructivamente pueda hacerse con el equipo que se dispone.

Se recomienda por lo general mantener tirantes menores a la plantilla del canal.

Los tramos de canal que se consideran para revestir de concreto se escogerán con anchos de base tales para que las máquinas revestidoras puedan emplearse con pocos cambios de plantilla. En estas condiciones podrá variarse la altura del revestimiento, pero en ningún caso el tirante deberá exceder al ancho de la base.

Cuando se proyecten en detalle las secciones tipo se debe tomar en cuenta lo siguiente:

En secciones con tirantes menores de 2.00 m. se considerará una área adicional de 15% para canales con velocidades mayores a 0.60 m/s y del 20% para canales con velocidades menores a 0.60 m/s.

3.2.2.3.- CANALES CON REVESTIMIENTO

La colocación de revestimiento de cualquier tipo en un canal, permite:

- a)Reducir la erosión del canal.
- b)Aumentar capacidad de conducción.
- c)Reducir costos de conservación.
- d)Reducir pérdidas por filtración.

3.2.2.3.1.- APOYO DEL REVESTIMIENTO

Cuando se tenga sobre excavación, ésta se llenará con suelo-cemento u otro material adecuado de acuerdo con la **Autoridad Correspondiente** debidamente compactado, de manera que el espesor del revestimiento no se reduzca en más de un 10% y el espesor medio sea aproximadamente el de diseño.

Cualquiera que sea el tamaño del canal, se considera necesario que el concreto se apoye en una superficie lisa y regular, debidamente compactada.

Los terraplenes de los bordos en contacto con el revestimiento, deberán compactarse al 95% de la prueba Proctor en caso de que se trate de suelos arcillosos. En suelos arenosos se debe compactar al 75% usando el criterio de densidad relativa del U.S.B.R. empleando equipo vibratorio.

En zonas con arcillas expansivas, deberá removerse un espesor mínimo de ésta, para ser sustituido por material inerte compactado, cuyo espesor se determinará en cada caso de acuerdo con el estudio de geotecnia.

TABLA 24.-BORDO LIBRE EN CANALES

GASTO (Q) m³/s	BORDO LIBRE cm
0 < Q ≤ 0.5	15
0.5 < Q ≤ 1	20
1 < Q ≤ 2	25
2 < Q ≤ 3	25
3 < Q ≤ 4	30
4 < Q ≤ 10	30
10 < Q ≤ 20	35
20 < Q ≤ 40	40
40 < Q ≤ 60	50
60 < Q ≤ 100	60

3.2.2.3.2.- DRENAJE EN CANALES CON REVESTIMIENTO

Cuando los suelos en que está alojado el canal son muy permeables y los mantos freáticos están muy profundos no se diseñará sistema de drenaje para el canal.

Cuando en canales de capacidades mayores de 10 m³/s, el nivel de aguas freáticas puede invadir el prisma del canal por lo que se colocarán aliviadores de charnela (bisagras, perno, gozne, etc.) colocados, en ambos lados de la plantilla y espaciados a la misma distancia que las juntas transversales de ranura hechas en el revestimiento cuando este es de concreto.

En otros tipos de revestimiento, tales como plásticos, el espaciamiento será como máximo 4.00 m aproximadamente.

En el caso de canales alojados totalmente sobre terraplenes, el revestimiento de concreto se diseñará como una estructura reforzada provista en las juntas de sellos flexibles y de material adecuado. Además los terraplenes se conservarán drenados mediante un sistema de drenes y filtros de espaciamiento y diseño conveniente con el fin de evitar la saturación del material y dar seguridad contra una falla por efecto de sismo.

Cuando el canal esté alojado en suelos permeables, se colocará una capa con espesor de 15 cm de grava y arena, extendida en la plantilla del canal y que conecte los aliviadores situados, uno frente a otro. En el caso de que la plantilla quede alojada en suelos impermeables, los aliviadores de charnela (bisagras, perno, gozne, etc.), serán rodeados de un filtro invertido con dimensiones adecuadas.

3.2.2.4.- CURVAS HORIZONTALES

En el trazo de curvas horizontales en canales, se recomiendan los siguientes radios mínimos en función del gasto.

Q	m ³ /s	< 0.5	1.0	5	10	15	20
Rmínimo	M	5	10	20	60	80	100

Nota: Para valores intermedios se deberá de interpolar linealmente.

3.2.2.5.- SOBRE ELEVACIÓN DEL TIRANTE EN CURVAS HORIZONTALES

El flujo a través de canales en curvas horizontales origina un incremento en el tirante hidráulico a todo lo largo de la cara exterior de la curva, razón por la cual es necesario se contemple una sobre elevación para evitar un desbordamiento. Esta sobre elevación se deberá considerar en ambos muros del canal pluvial.

Dependiendo de la sección geométrica del canal y del comportamiento hidráulico del flujo, se tienen las siguientes fórmulas:

CANALES RECTANGULARES.

$$\text{Flujo Subcrítico: } Se = \frac{3bV^2}{4gr}$$

$$\text{Flujo Supercrítico: } Se = \frac{1.2bV^2}{gr}$$

CANALES TRAPEZOIDALES.

$$\text{Flujo Subcrítico: } Se = \frac{[b + (2Kd)]V^2}{2(gr - 2KV^2)}$$

$$\text{Flujo Supercrítico: } Se = \frac{[b + (2Kd)]V^2}{(gr - 2KV^2)}$$

Donde:

- Se = Sobre elevación, metros.
V = Velocidad del flujo en inicio de curva horizontal, en m/s.
b = Ancho de la base del canal, en metros.
g = Aceleración de la gravedad, (9.81 m/s²).
r = Radio de la curva al eje del canal, en metros.
K = Cotangente de la relación del talud externo de la curva horizontal (horizontal / vertical).
d = Tirante hidráulico en inicio de curva horizontal, en metros.

Nota: Las condiciones de flujo subcrítico y flujo supercrítico corresponden al número de Froude.

3.2.2.6.- TRANSICIÓN EN CANALES

Cuando en el trazo de un canal se presenta un cambio en el ancho de la sección, por modificación del gasto, de la pendiente o de las características del canal, se requiere un tramo de canal para efectuar la transición, se recomienda un ángulo máximo de transición de 12°30'.

$$L = \frac{(B + b)}{2(\tan 12.5)}$$

Donde:

- L = Longitud de la transición, metros.
B = base mayor, en metros.
b = base menor, en metros.

(Ambas relacionadas con los canales de llegada y salida de dicha transición)

4.- ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Los elementos que integran un sistema de alcantarillado pluvial se agrupan de acuerdo con la función para la cual son empleados y se compone de las siguientes partes:

4.1.- ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN

Los escurrimientos pluviales son captados por las vialidades, vados, cunetas, contra cunetas, rejillas y bocas de tormenta y encauzados hacia las instalaciones de drenaje pluvial.

4.1.1.- VIALIDADES

4.1.1.1.- PENDIENTE EN VIALIDADES

Para el municipio de **MEXICALI**

Pendiente longitudinal es la pendiente que se da a la corona del pavimento paralela al eje de la vialidad, para conducir superficialmente el escurrimiento pluvial hasta su captación. La pendiente mínima longitudinal es de tres milésimas para las superficies de concreto hidráulico o asfáltico.

Pendiente transversal o bombeo, es la pendiente que se da a la corona del pavimento, perpendicular al eje de la vialidad, para evitar la acumulación del agua sobre la vialidad. La pendiente mínima transversal para superficies de concreto hidráulico o asfáltico es de 30 milésimas, para superficie de tierra o grava será de 30 a 40 milésimas.

Cuando la longitud de la sección transversal de la vialidad, con pendiente en un sentido (ancho en un sentido de circulación, sin considerar guarnición), sea de un ancho mayor de 10 m la pendiente transversal puede disminuirse previa justificación y autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

Las pendientes mínimas y máximas serán las que establece el Manual de Proyecto Geométrico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) así como las Normas Técnicas de Proyecto y Construcción de Vialidades del Gobierno del Estado de Baja California, de acuerdo a la ubicación y jerarquía de cada vialidad; así mismo dichas pendientes desde el punto de vista hidráulico serán las que resulten de acuerdo a las características geométricas requeridas para la conducción superficial del gasto de diseño considerado con previa justificación.

4.1.1.2.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

El coeficiente de rugosidad (**n**), será de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo de Pavimento	Coefficiente de Rugosidad (n)
Pavimento Asfáltico	0.015
Pavimento de Concreto Hidráulico	0.014

4.1.1.3.- GUARNICIONES EN VIALIDADES

Las guarniciones son elementos de concreto hidráulicos que se utilizan para canalizar los escurrimientos superficiales de las vialidades y de los predios sin dañar el pavimento, ya sea por volumen o velocidad, encauzándolos hacia las instalaciones de drenaje pluvial, además delimitan el pavimento y protegen el tránsito de peatones.

La parte del arroyo de una vialidad donde se canalizan los escurrimientos pluviales, recibe el nombre de cuneta de la vialidad, cuyo diseño hidráulico está basado en los principios de flujo uniforme de canales, con los métodos establecidos en capítulo 3.- Diseño de conductos a gravedad, y permiten drenar los escurrimientos pluviales en forma superficial en la mayor área posible, sin dañar el pavimento, ya sea por volumen o velocidad.

De acuerdo con la sección requerida, con relación a los escurrimientos pluviales superficiales, se tienen los siguientes tipos de guarniciones:

a) **Tipo "L"**. Estructura formada por el alma o parte saliente vertical y el patín o parte horizontal de la guarnición, localizada en la parte baja de la sección de la vialidad o donde se requiere conducir los escurrimientos pluviales superficiales.

b) **Tipo "I"**. Estructura formada por el alma o parte saliente vertical, se utiliza en la parte alta de la sección de la vialidad, donde no se requiere conducir los escurrimientos pluviales superficiales.

c) **Tipo dentellón o remate**. Son elementos que se construyen enterrados en toda su sección y longitud, con la parte superior a nivel de la rasante del pavimento; con la finalidad de confinar y proteger la superficie pavimentada en su entronque con vialidades sin pavimento, de los daños causados por el tráfico y los escurrimientos pluviales superficiales.

Para todos los casos, la sección de las guarniciones a utilizar, deberán respaldarse con los cálculos hidráulicos correspondientes.

La altura máxima del nivel del escurrimiento pluvial en el alma o parte saliente vertical de la guarnición, no deberá rebasar los $\frac{2}{3}$ de la altura total del peralte.

Para el Municipio de **MEXICALI**

El ancho del espejo del agua no sobrepasará el carril de estacionamiento (2.50 m) y para vialidades con arroyos de circulación de 9.00 m el área inundable será de 2.00 m de ancho, determinado mediante el diseño hidráulico, basado en los principios de flujo en canales abiertos y de flujo uniforme, con los métodos establecidos en el punto 3.- **Diseño de conductos a gravedad.**

Para los Municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

De acuerdo a la clasificación de vialidades comprendida en las Normas Técnicas de Proyecto y Construcción de Vialidades del Gobierno del Estado de Baja California, en

vialidades primarias y secundarias o colectoras el ancho del espejo de agua (área inundable) no sobrepasará el 30% del ancho de la vialidad para pavimentos asfálticos y de concreto hidráulico.

En vialidades terciarias (privadas o locales para el acceso directo a propiedades) el ancho del espejo de agua (área inundable) no sobrepasará el 40% del ancho de la vialidad para pavimentos asfálticos, y de 70% para pavimentos a base concreto hidráulico.

4.1.1.4.- CUNETAS Y CONTRACUNETAS EN VIALIDADES

Cuando se requiera realizar cruces de manera superficial se utilizarán vados de concreto hidráulicos, de tal forma que conduzcan el 100% de dichos escurrimientos y que la carpeta no sea perjudicada o erosionada por el paso de una corriente. Normalmente tienen una sección en forma de V, con los brazos extendidos horizontalmente y con una sección geométrica tal que no presenten un obstáculo para el tránsito vehicular. Ver **ANEXO APL-2**

Las **cunetas** fuera de la zona urbana, son elementos tipo canal, con recubrimiento de concreto hidráulico o mampostería, generalmente de forma triangular o trapezoidal que se construyen contigua a los hombros y/o pateos de taludes y en forma paralelos en tramos carreteros para captar el escurrimiento pluvial y conducirlo hacia las instalaciones de drenaje pluvial o para alejarlos de la vialidad.

La forma, dimensiones y pendiente, se determinan mediante el diseño hidráulico, basado en los principios de flujo en canales abiertos y de flujo uniforme, con los métodos establecidos en el capítulo 3.- **Diseño de conductos a gravedad** y en las condiciones del terreno.

El ancho mínimo de la cuneta, medido horizontalmente, deberá de ser de 1.0 m o mayor si se requiere por capacidad hidráulica.

El talud interno de la cuneta triangular tipo deberá ser de 3:1, del lado de la vialidad, con un tirante de 30 cm y para la cuneta tipo trapezoidal será de 2:1 y tirante de 30 a 45 cm. El talud externo para las cunetas tipo triangular y trapezoidal será de 1.5:1.

Concreto en cunetas:

Zona urbana $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Zona rural $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Las **contracunetas** son obras complementarias del drenaje pluvial para vialidades que se construyen en zonas de corte, son elementos tipo canal con recubrimiento de concreto hidráulico o mampostería, ubicados paralelamente a la vialidad, en la parte alta de la ladera, arriba de la línea de los cerros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural y para protección contra derrumbes producto de la erosión. Se proyectan perpendiculares a la pendiente del terreno.

La forma, dimensiones y pendiente se determinan con los mismos métodos establecidos para las cunetas.

El ancho mínimo de la contracuneta, será de 50 cm, el talud interno de la contracuneta triangular será de 1:1 pudiendo llegar a ser vertical.

Las contra cunetas se colocarán a una distancia media de 5.0 m del talud del corte y la longitud será la necesaria para llevar el flujo hasta su descarga en depresiones del terreno adyacentes o alcantarilla de la vialidad y regularmente se une a la descarga de la cuneta.

4.1.1.5.- VADOS EN VIALIDADES

Los vados son elementos de concreto hidráulico o mampostería, que se proyectan en vialidades, para el cruce de corrientes de agua esporádicas y de bajo flujo, de tal manera que no se justifica la construcción de una alcantarilla.

Los vados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- La geometría y estructura del vado debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes turbulentos y que la superficie de rodamiento no se erosione o socave, así mismo deberá mantener las condiciones operativas de la vialidad dentro de los parámetros de diseño de proyecto, y dar como resultado una vialidad segura, confortable y de apariencia agradable.
- 2.- Contar con señales visibles que indiquen al conductor el nivel del agua, para no cruzar cuando el tirante sea demasiado alto y peligroso para el paso de los vehículos.

Cuando la corriente por cruzar es continua, con poco flujo, se puede proyectar la combinación de un vado y una alcantarilla. La alcantarilla se diseñará con una capacidad hidráulica equivalente al gasto que cruza constantemente y con lluvia de poca intensidad. El vado se diseña para el gasto remanente de la lluvia de precipitación máxima probable.

4.1.2.- BOCAS DE TORMENTA Y REJILLAS DE PISO

Estructura que capta los escurrimientos pluviales superficiales y los conduce a la red para alcantarillado pluvial.

La boca de tormenta está constituida por una coladera con su estructura de soporte que permite la entrada del agua, una caja que funciona como decantador en el cual se depositan las materias más pesadas que arrastra el agua y una tubería para conectar al pozo de visita de la red. Se construyen en la cuneta de la vialidad.

De acuerdo con su localización y la forma, las bocas de tormenta pueden ser:

Tipo piso, ver ANEXOS APL-3.1, APL-3.2 y APL-3.3

Tipo banqueteta, ver ANEXO APL-3.4 y APL-3.5.

Tipo (Mixta), ver ANEXO APL-3.6.

Tipo (rejillas de piso), ver ANEXO APL-3.7.

Cualquier variación a los dos primeros deberán ser indicados en el proyecto correspondiente, con la justificación técnica del caso, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

El material de las rejillas, podrá ser de concreto polimérico, fierro fundido o acero estructural, y para el caso de brocales y tapas en banqueteta podrán ser en concreto polimérico o polietileno de alta densidad.

La localización de las bocas de tormenta a instalar, dependerá de las instalaciones existentes (agua potable alcantarillado sanitario, gas, etc.) y de la red pluvial y no deberá interferir con la rampa para personas con capacidades diferentes ni con el acceso a la vivienda.

De acuerdo con el tipo de cruce el número de bocas de tormenta será:

- A. En la intersección de dos vialidades principales donde todas las pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, deberá colocarse una boca de tormenta en cada esquina evitando el cruce del agua sobre cualquiera de las vialidades.
- B. En la intersección de una vialidad principal y una secundaria donde las pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, se deberá colocar bocas de tormenta en la vialidad secundaria creando un cruce del agua por medio de cunetas de concreto tipo "V".
- C. En una intersección tipo "T" de una vialidad cuyas pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, se deberán colocar tres (3) bocas de tormenta como mínimo, una en cada esquina y la tercera sobre la vialidad principal, ubicada en el límite de lotes para que no interfiera con la entrada de vehículos.
- D. En una intersección tipo "T" de una vialidad principal y una secundaria en las que las pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, se deberán colocar bocas de tormenta hacia un solo lado del cruce creando un cruce de agua por medio de una cuneta de concreto tipo "V".

Ver ANEXO APL-4.

Otra ubicación será utilizada, previa aprobación de la **Autoridad Correspondiente**.

En todos los casos se deberá cuidar el aspecto de seguridad vehicular y la comodidad del usuario.

La boca de tormenta tipo arroyo (rejillas de piso) se deberán modular de tal forma que se garantice el paso seguro de ciclistas por la vialidad.

El número de bocas de tormenta en todos los casos estará en función de su capacidad hidráulica y el gasto aportado por la cuenca.

El diámetro y la pendiente de la tubería de conexión de la boca de tormenta con el pozo de visita, se diseñaran en función de los gastos pluviales captados correspondientes al área tributaria de la misma y a lo indicado en el **apartado 3.2.1.3** de éste documento.

La máxima separación de las bocas de tormenta será la que resulte de lo establecido en el **apartado 4.1.1.3** siempre y cuando no exceda una longitud de 200 m.

BOCAS DE TORMENTA EN BANQUETA Y ÁRROYO. (En pendiente)

Para analizar la capacidad de captación de bocas de tormenta en banqueta y arroyo, ubicadas en "pendiente", se utilizarán las siguientes fórmulas (Nomograma de Izzard):

Sin depresión en guarnición.

$$Q = KLY\sqrt{Yg}$$

Con depresión en guarnición.

$$Q = (K + C) L Y \sqrt{Y g}$$

$$C = \frac{0.45}{1.12 M}$$

$$M = \frac{L F}{a \tan(\theta)}$$

$$F = \frac{V}{g Y}$$

$$\tan(\theta) = \frac{b}{(b S_x) + a}$$

Donde:

Q = Gasto captado, en m³/s.

K = Factor en función de S_x.

L = Longitud de ventana de boca de tormenta, en metros.

Y = Tirante del flujo de aproximación en guarnición, en metros, más el aumento correspondiente por depresión en llamada.

g = Gravedad de la tierra (9.81 m/s²).

V = Velocidad del flujo de aproximación, en m/s.

S_x = Pendiente transversal de la vialidad, adimensional.

a = Depresión en la entrada a boca de tormenta, en metros.

b = Ancho de depresión, en metros.

S _x = (%)	0 a 5	5 a 6	6 a 8	8 ó +
K =	0.20	0.21	0.22	0.23

Nota: C, M y F son adimensionales.

REJILLAS DE PISO. (En pendiente)

Para analizar la capacidad de captación de rejillas de piso, ubicadas en "pendiente", se utilizarán las siguientes fórmulas tomadas del manual de diseño de drenaje urbano emitido por el U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

Captación de frente

Captación de lado

Eficiencia de captación $E_f = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2.67}$

$$E_l = 1 - E_f$$

Radio de intercepción: $R_f = 1 - K_{uf} (V - V_0)$ (a) $R_s = \left[1 + \frac{(K_{ul}) V^{1.8}}{S_x L^{2.3}}\right]^{-1}$

Velocidad de choque: $V_0 = 0.676 + 4.031L + 2.13L^2 + 0.598L^3$ (b)

Gasto total interceptado: $Q_i = Q_d (R_f E_f + R_s E_l)$

Donde:

W = Ancho de rejilla, en metros.

L = Longitud de rejilla, en metros.

T = Espejo de agua en vialidad, en metros.

K_{uf} = 0.295

- V = Velocidad de llegada, en m/s.
 V_0 = Velocidad mínima donde ocurre el choque del flujo con la rejilla, en m/s.
 K_{ul} = 0.0828
 S_x = Bombeo de vialidad, en m/m.
 Q_i = Gasto total captado, en m³/s.
 Q_d = Gasto de diseño, en m³/s.
(a) = Solo aplica si $V > V_0$. Caso contrario se asume $R_f = 1$
(b) = Para rejillas con barras paralelas espaciadas a cada 5 cm

Nota: por cuestiones de mantenimiento, sin excepción alguna, se considerará un ancho mínimo de rejilla de 0.60 m.

BOCAS DE TORMENTA Y REJILLAS DE PISO. (En puntos bajos)

Cuando las bocas de tormenta y/o rejillas de piso se encuentren ubicadas en puntos bajos se analizará la capacidad de captación mediante la siguiente fórmula (Torricelli):

$$Q = B C A \sqrt{2gh}$$

Donde:

- Q = Gasto de captación, en m³/s.
 C = Coeficiente de descarga, (0.60)
 D = Coeficiente de reducción por obstrucción de basura, (0.50)
 A = Área hidráulica de abertura, en m² – Para Bocas de Tormenta
 Área hidráulica libre total entre rejillas, en m² – Para Rejillas de piso
 g = Gravedad, en m/s².
 h = Tirante hidráulico sobre estructura, en metros.

BOCAS DE TORMENTA MIXTAS

Las bocas de tormenta mixtas se componen por la combinación de rejillas de piso con una boca de tormenta en banqueta y /o arroyo y pueden ser utilizadas en caso donde se requiera una mayor captación respecto a una boca de tormenta convencional.

Para analizar la capacidad de captación de bocas de tormentas mixtas, se aplican las fórmulas descritas según su ubicación (puntos bajos y/o en pendiente) y se sumarán los datos algebraicamente.

4.2.- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN

Transportan el flujo pluvial desde la captación, hasta el sitio de descarga. Los conductos que se utilizan en las redes de alcantarillado pluvial, reciben, de acuerdo con su función la denominación de:

- Atarjea pluvial.
- Subcolector pluvial.
- Colector pluvial.

4.2.1.- ATARJEA PLUVIAL

Conducto desde Boca de Tormenta al Pozo de Visita.

Para el municipio de **MEXICALI** la conexión será mediante conducto de 20 cm (8") de diámetro como mínimo

En determinados casos en que la topografía de la localidad sea plana, o que el nivel freático del agua sea alto y se disponga de escaso desnivel respecto al sitio de vertido, puede proyectarse un conducto cerrado de sección rectangular o trapezoidal.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA.**

Las atarjeas pluviales denominadas cucharas, el diámetro mínimo será 38 cm (15") de diámetro, según apartado 3.2.1.3 de este manual.

4.2.2.- SUBCOLECTOR PLUVIAL

Los conductos de la red pluvial, que reciben la aportación de la mayor parte de la captación, se denominan subcolectores pluviales.

Para el municipio de **MEXICALI**

El diámetro mínimo para un subcolector pluvial será de 25 cm (10").

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

El diámetro mínimo para un subcolector pluvial será de 45 cm (18"), según apartado 3.2.1.3 de éste documento.

Para el trazo de los subcolectores pluviales, se tomará en cuenta la topografía de la localidad (parteaguas, zonas bajas, etc.), la hidrología (ríos, arroyos, etc.), las restricciones que originen las instalaciones existentes de agua potable, alcantarillado sanitario, gas, vías de ferrocarril, carreteras, bordos, etc. el sitio o sitios de vertido más apropiados y la localización de los colectores correspondientes. Su localización se hará en la parte baja de la zona urbana y la correcta ubicación de subcolectores y bocas de tormenta deberá permitir captar el volumen máximo posible de lluvia en el área de aportación considerada.

Es conveniente tener dos o más sistemas de subcolectores para manejar diámetros reducidos y permitir la programación de construcción por etapas.

4.2.3.- COLECTOR PLUVIAL

Los conductos de la red pluvial, que reciben la aportación de los subcolectores y conducen el flujo hasta la descarga, se denominan colectores pluviales.

El colector pluvial podrá estar constituido por tuberías, o canales a cielo abierto o cajones, cuya sección dependerá del mejor funcionamiento hidráulico que se puede obtener para el gasto máximo a conducir, las condiciones de topografía y geotecnia del terreno en que

quede localizado y la pendiente que se pueda dar al colector para obtener las mejores condiciones de descarga en el vertido.

En un proyecto y de acuerdo con la topografía e hidrografía de la zona, se puede tener varios colectores, según sean los sitios de vertido más adecuados a utilizar.

4.2.4.- LOCALIZACIÓN

Para los municipios de **MEXICALI y TECATE**

La ubicación de los subcolectores y colectores pluviales en las vialidades, será a 3.00 m al **Sur** o al **Oeste** del eje de la vialidad. En el caso de que por existir instalaciones de otros servicios o condiciones específicas, sea necesario ubicar los conductos pluviales en otra posición, la localización propuesta requiere autorización previa de la **Autoridad Correspondiente**. Ver ANEXO APL-5.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

La ubicación de los subcolectores y colectores pluviales en las vialidades, será a 3.00 m al **Sur** o al **Este** del eje de la vialidad y en casos de donde no sea posible por cuestiones propias del Proyecto a consideración del proyectista se alojarán en una franja de 2.00 metros (a paños exteriores de la tubería) libre de cualquier otra instalación subterránea. En el caso de que por existir instalaciones de otros servicios o condiciones específicas, sea necesario ubicar los conductos pluviales en otra posición, la localización propuesta requiere autorización previa de la **Autoridad Correspondiente**. Ver ANEXO APL-5.

4.3.- ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y MANTENIMIENTO

Son estructuras que permiten la inspección y limpieza de los conductos. Se utilizan para la unión de tuberías y en todos los cambios de diámetro, material, dirección y pendiente.

La conexión entre conductos subterráneos de sección circular se hará por medio de una estructura de inspección (pozos de visita) y en cajones mediante registros.

Las conexiones en tuberías, se podrán efectuar haciendo coincidir los ejes, las plantillas o las claves de los tramos de los diferentes diámetros. Ver ANEXO APL-6

4.3.1.- POZOS DE VISITA

Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita, deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión con la tubería.

El cambio de diámetro se debe hacer por medio de una transición dentro de un pozo de visita indicándose en cada caso, en el plano de proyecto, las elevaciones de sus plantillas, tanto de llegada como de salida. La disposición de las plantillas de las tuberías en los pozos de visita debe facilitar las operaciones de limpieza.

Los pozos de visita se clasifican de la siguiente forma:

- 1.- COMUNES Y ESPECIALES.
- 2.- CAJA.
- 3.- ESTRUCTURAS DE CAÍDA.

Para pozos de visita comunes, especiales y cajas se permiten caídas hasta de 0.50 m de diferencia de nivel entre la plantilla de la tubería superior y la clave de la tubería inferior, sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.

4.3.1.1.- POZOS COMUNES Y ESPECIALES

Los pozos de visita tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, son suficientemente amplios para darle paso a una persona y permitir maniobrar en su interior, con brocal y tapa de hierro fundido o hierro dúctil. El piso de los pozos de visita, es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos y encauzan sus caudales, ver ANEXO APL-7.10 y ANEXO APL-7.11.

Atendiendo al diámetro interior de la tubería, los pozos de visita se clasifican en comunes y especiales.

- Pozos de visita comunes. Tienen un diámetro interior de 1.20 m y se utilizan para tubería hasta de 61 cm (24") de diámetro y altura menor o igual a 3.0 m, ver ANEXOS APL-7.1 y APL-7.5.
- Pozos de visita especiales. Tienen un diámetro interior de 1.50 m, para altura mayor de 3.0 m, y/o tuberías de 69 cm (27") a 76 cm (30") de diámetro y tendrán 2.0 m de diámetro interior para tuberías de 91 cm (36"), ver ANEXO APL-7.2.

Los pozos de visita serán: de ladrillo con espesor mínimo de 28 cm. junteado con cemento-arena en proporción 1:3, o prefabricados de concreto según Norma NMX-C-413-1998-ONNCCCE.

Todos los pozos de visita construidos con ladrillo, se deben aplanar y pulir interiormente con mortero cemento-arena en proporción 1:2, de dos (2) centímetros de espesor, con impermeabilizante integral. Cuando se presente nivel freático, el aplanado y pulido también se deberá efectuar en el exterior para evitar la filtración de agua.

4.3.1.2.- POZOS CAJA

Los pozos caja están formados por el conjunto de una estructura prismática de concreto reforzado y una chimenea de ladrillo similar a la de los pozos comunes. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, iniciando de éste último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con brocal y tapa de hierro fundido o hierro dúctil.

Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja (ANEXO APL-7.3); a los pozos de sección horizontal en forma de polígono irregular, se les llama pozos caja unión (ANEXO APL-7.4) y a los pozos caja a los que concurre una tubería de entrada y tiene sólo una salida con un ángulo diferente a 180°, se les llama pozos caja deflexión (ANEXO APL-7.7).

Los pozos caja son estructuras de concreto reforzado, que se utilizan en las uniones de dos o más conductos con diámetros de 107 cm (42") y mayores.

4.3.1.3.- ESTRUCTURAS DE CAÍDA

Por razones de carácter topográfico, limitaciones de pendiente y velocidad, o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras de concreto reforzado, que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- Pozos con caída y deflector interior. Son pozos constituidos por una caja, con una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías hasta 76 cm (30") de diámetro y para desnivel hasta de 1.50 m (ANEXO APL-7.7).
- Estructuras de caída escalonada. Son pozos caja con caída escalonada con desnivel de 0.50 m hasta llegar a 2.50 m como máximo, que están provistos de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de la plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 91 cm (36") y mayores (Ver ANEXO APL-7.8).

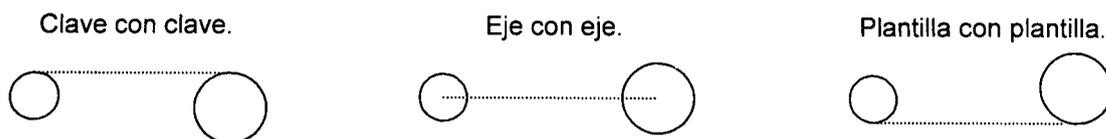
4.3.1.4.- CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN POZOS

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tuberías se efectúan como se indica a continuación:

- Si el diámetro es menor o igual a 61 cm (24") los cambios de dirección hasta de 90° de la tubería, pueden hacerse en un solo pozo común.
- Si el diámetro es mayor de 61 cm (24") puede emplearse un pozo especial o un pozo caja para cambiar la dirección de tubería hasta en 45°; si se requiere dar deflexiones mayores, se puede emplear tantos pozos como ángulos de 45° o fracción sean necesarios.

4.3.1.5.- CONEXIONES

Desde el punto de vista hidráulico, se recomienda que las conexiones se igualen a los niveles de las claves de los conductos por unir, las conexiones a ejes y plantillas se recomiendan únicamente cuando sea indispensable y con las limitaciones, que para los diámetros más usuales se indican en la tabla del ANEXO APL-6 de acuerdo con la siguiente figura:



4.3.1.6.- SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE POZOS

La separación máxima entre pozos de visita, debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Por seguridad del personal de operación se establece:

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	LONGITUD
20 cm (8") $\leq \varnothing \leq$ 61 cm (24")	100 m
69 cm (27") $\leq \varnothing \leq$ 122 cm (48")	115 m
152 cm (60") $\leq \varnothing \leq$ 244 cm (96")	125 m

Cuando el conducto empleado sea de sección diferente a la circular se emplearán registros de visita cuyo proyecto se realizará para cada caso específico. Por seguridad del personal de operación se establece una separación máxima de 125 m entre registros.

4.4.- ESTRUCTURA DE DESCARGA

Son estructuras que aseguran una descarga continua y segura de la red pluvial en el cuerpo receptor. De acuerdo con las condiciones topográficas de la zona servida y del cuerpo receptor, se localizará el sitio o sitios de vertido.

El vertido de las aguas pluviales deberá cumplir con la Ley de Aguas Nacionales vigente y se hará a corrientes superficiales como ríos, arroyos, drenes o a depósitos naturales como son los lagos, lagunas o al mar, a un nivel que permita evitar los azolves en el sitio de vertido y el remanso cuando se presente nivel máximo en el cuerpo receptor. La construcción de la estructura de descarga se hará preferentemente en un tramo recto del cuerpo receptor, debiendo tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en la sección de vertido.

Las características estructurales y funcionales de la estructura de descarga, dependerán de las condiciones topográficas de la zona, las características del colector (Conducto cerrado o abierto), del sitio elegido para vertido, del gasto máximo, etc. (Ver ANEXO APL-8, ANEXO APL-8.1, ANEXO APL-8.2, ANEXO APL-8.3 y ANEXO APL-8.4).

4.5.- ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

Son estructuras que en casos específicos forman parte de una red pluvial, para resolver un problema determinado, tales como: estaciones de bombeo, estructuras de cruce, alcantarillas, estructuras para control de azolves, etc.

4.5.1.- ESTACIÓN DE BOMBEO

Es la obra hidráulica, civil y electromecánica, constituida por un cárcamo de bombeo, rejillas, bombas, subestación eléctrica, equipos y dispositivos eléctricos, tuberías, válvulas y accesorios requeridos para proporcionar al agua las condiciones energéticas necesarias para conducirla desde un nivel topográfico generalmente menor a otro mayor.

4.5.1.1.- CÁRCAMO DE BOMBEO

Estructura diseñada para recibir y contener la cantidad de agua requerida por el equipo de bombeo. Para el diseño de esta estructura se considera la velocidad de aproximación

del agua, la sumergencia mínima y su geometría en relación al equipo de bombeo que se instalará, con el propósito de bombear el gasto de diseño a un punto determinado.

El cárcamo se dimensionará en función de los siguientes parámetros: gasto de diseño, características del sistema, nivel mínimo de sumergencia, volumen de control, nivel máximo del agua y características de la succión.

4.5.1.1.1.- GASTO DE DISEÑO

El gasto de diseño, será el obtenido de acuerdo con lo establecido en el capítulo 2.1.- GASTO PLUVIAL.

4.5.1.1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Es necesario determinar cuántos equipos son requeridos en el sistema de bombeo y la forma de operar. En todos los casos deberá considerarse un equipo de reserva.

El sistema 1+1 se utiliza, cuando, conforme al análisis de la curva de la bomba, un solo equipo operando en el rango de 60 a 100% de la máxima eficiencia sea capaz de proporcionar el gasto de diseño contra la carga demandada por el sistema. En cualquier otro caso el sistema se integrará por 3 o más equipos.

4.5.1.1.3.- SUMERGENCIA MÍNIMA

Es la altura del agua, medida desde la campana de succión hasta la superficie del líquido, requerida para evitar la formación de vórtices y entrada de aire a la succión de la bomba, con el propósito de garantizar una operación adecuada del equipo de bombeo.

El nivel mínimo de sumergencia se debe calcular para cada equipo, considerando el gasto máximo que puede desarrollar, de acuerdo a su curva de operación.

FORMULA

$$S = D + 0.936 \left(\frac{Q}{D^{1.5}} \right)$$

Donde:

- S = Sumergencia en m.
- D = Diámetro de la campana en m.
- Q = Gasto en m³/s.

4.5.1.1.4.- CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN

Carga neta positiva de succión (NPSH) es la presión mínima, por encima de la presión de vapor del líquido a determinada temperatura, a la que debe mantenerse un líquido, con el propósito de evitar la presencia del fenómeno de cavitación. De lo anterior, se deduce que la cavitación puede evitarse, manteniendo la presión del líquido por encima de la presión de vapor.

NPSH_r es la carga neta positiva de succión requerida por la bomba, según la información proporcionada por el fabricante.

$NPSH_d$ es la carga neta positiva de succión disponible por el sistema.

Para el cálculo de la Carga Neta Positiva de Succión ($NPSH_d$) para el sistema, se aplicarán las siguientes fórmulas:

Cuando el líquido está sobre la cota del centro del impulsor

$$NPSH_d = P_b + h_s - h_{fs} - P_v$$

Cuando el líquido está bajo la cota del centro del impulsor

$$NPSH_d = P_b - h_s - h_{fs} - P_v$$

Donde:

- P_b = Carga de presión barométrica del lugar, en metros.
- h_s = Carga estática de succión, en metros.
- h_{fs} = Pérdidas de carga por fricción en la succión, en metros.
- P_v = Presión de vapor del agua, en metros.

El fabricante del equipo de bombeo deberá proporcionar los requerimientos de las bombas suministradas para que no se presente el problema de cavitación, mediante el concepto de Carga Neta Positiva de Succión Requerida ($NPSH_r$), en función del gasto. Se recomienda que, en todos los casos: ($NPSH_d$) - ($NPSH_r$) sea mayor que 0.60 metros.

TABLA 25.-PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA

TEMPERATURA DEL AGUA		PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA		
° C	° F	Metros columna agua	Pies columna agua	Libras/pulgada ² PSI
15.66	60	0.18	0.59	0.26
21.11	70	0.27	0.89	0.36
26.67	80	0.37	1.20	0.51
29.44	85	0.43	1.40	0.60
32.22	90	0.49	1.60	0.70
37.78	100	0.67	2.20	0.95
43.33	110	0.91	3.00	1.27
48.89	120	1.119	3.90	1.69
54.44	130	1.52	5.00	2.22
60.00	140	2.07	6.80	2.89
65.56	150	2.68	8.80	3.72
66.11	151	2.74	9.00	3.81
66.67	152	2.80	9.20	3.90
67.22	153	2.87	9.40	4.00

DATOS TOMADOS DE "HYDRAULIC HANDBOOK (TABLE 23, PROPERTIES OF WATER)"

TABLA 26.-CONDICIONES ATMOSFÉRICAS APROXIMADAS SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ALTURA S.N.M. EN PIES	ALTURA S.N.M. EN METROS	PRESIÓN BAROMÉTRICA EN PULGADAS DE MERCURIO	PRESIÓN BAROMÉTRICA EN mm DE MERCURIO	ALTURA EQUIVALENTE EN PIES DE AGUA	ALTURA EQUIVALENTE EN METROS DE AGUA	PRESIÓN VAPOR, METROS / PIES
0	0	29.92	756	33.96	10.351	0.089/0.0292
1000	304.8	28.86	733	32.76	9.985	0.174/0.0571
2000	609.6	27.82	707	31.58	9.626	0.324/1.062
3000	914.4	26.81	681	30.43	9.275	0.577/1.892
4000	1219.2	25.84	656	29.33	8.940	0.977/3.206

4.5.1.1.5.- CAVITACIÓN

Se denomina cavitación a la formación de burbujas de vapor del líquido, debido a baja presión y que al llegar a una zona de alta presión, se reduce el volumen de las burbujas e implotan repentinamente, provocando el deterioro del medio que las contiene. Los dispositivos y equipos hidráulicos más propensos a sufrir daños por cavitación son bombas, turbinas y válvulas.

Para un caudal determinado en la tubería de aspiración de una bomba, existe una presión mínima, por encima de la presión de vapor del líquido a la temperatura correspondiente, debajo de la cual se presenta el fenómeno de cavitación.

4.5.1.1.6.- VOLUMEN DE CONTROL

Volumen de control puede definirse como el volumen de agua, que debe bombear un equipo de bombeo para evitar, que los tiempos entre arranques sucesivos resulten menores y puedan provocar daños por sobrecalentamiento en el motor.

Un equipo de bombeo instalado en un cárcamo, entra en operación cuando el agua alcanza el nivel de arranque y se detiene cuando el agua llega a nivel de paro; sin embargo, después que el equipo se detiene (alcanza el nivel de paro), el agua vuelve a llegar al nivel de arranque y el equipo de bombeo entra nuevamente en operación. A este tiempo que transcurre entre arranques sucesivos se denomina duración del ciclo (T_c). Y al volumen de agua que bombea el equipo durante la cuarta parte del ciclo se le llama volumen de control (V_c).

4.5.1.1.6.1.- VOLUMEN DE CONTROL PARA UN SISTEMA 1+1

Si llamamos T_1 al tiempo durante el cual el equipo de bombeo desaloja el agua del cárcamo; T_1 es igual al volumen (V) desalojado entre el gasto (Q) de la bomba menos el gasto (S) que llega al cárcamo. De manera que, $T_1 = V / (Q - S)$

Y además, que T_2 es el tiempo durante el cual el equipo de bombeo no está en operación (pero sigue llegando agua al cárcamo); T_2 es igual al volumen (V) que se acumula entre el gasto (S) que llega al cárcamo. De modo que $T_2 = V/S$.

El tiempo de duración del ciclo $T_c = T_1 + T_2$

Entonces $T_c = V / (Q-S) + V/S$

Despejando V , resulta que:

$$V = T_c (S/Q) (Q-S)$$

Se puede demostrar (aplicando el cálculo diferencial) que la condición crítica de operación de un equipo de bombeo resulta cuando el agua que llega al cárcamo es exactamente igual a la mitad de la capacidad del equipo de bombeo ($S=Q/2$).

$$V_c = \frac{QT_c}{4000}$$

Donde:

V_c = Volumen de control requerido por el equipo, en m^3 .

Q = Gasto bombeado por el equipo, en l/min.

T_c = Tiempo que debe transcurrir entre arranques sucesivos del equipo, en minutos.

El tiempo entre arranques sucesivos, se podrá determinar en función a los valores mostrados en la TABLA 27, de lo contrario se utilizará el criterio del fabricante del motor a instalar.

4.5.1.1.6.2.- VOLUMEN DE CONTROL PARA UN SISTEMA N+1

Cuando un sistema de bombeo, está constituido por N+1 equipos de bombeo, de manera que el arranque y paro de cada bomba se controla de manera independiente, el volumen de control total requerido por el sistema es igual a la suma de los volúmenes de control de cada bomba. Cada uno de estos volúmenes de control se determina con la misma fórmula; esto es: $V_c = Q T_c / 4000$.

Pero, en un sistema de bombeo N+1, donde los equipos se ponen en operación en determinada secuencia (cada bomba entra en operación en determinado nivel de agua) y salen de operación (los N equipos) en el momento en que se abate el volumen de control total, el volumen de control, se determina por el método que a continuación se describe:

- 1).- El volumen de control (V_c) para cada una de las bombas del sistema N+1 se calcula con la fórmula siguiente:

$$V_{C(N \text{ equipos})} = F_t * F_g * F_v$$

Donde:

$V_{C(N \text{ equipos})}$ = Volumen de control, en m^3 .

$F_t * F_g * F_v$, = Factores de tiempo, gasto y volumen respectivamente.

Los factores F_t , F_g y F_v , se determinan con las fórmulas:

$$F_t = \frac{T_c}{600}$$

Donde:

T_c = Tiempo que dura el ciclo entre arranques, en segundos.

$$F_g = \frac{Q}{1000}$$

Donde:

Q = Gasto del equipo, en l/s, operando en secuencia.

$$F_v = 20.3 + 129.7 \left(\frac{1}{X^{1.73}} \right)$$

Donde:

X = El equipo que entra en operación.

2).- Finalmente el volumen del cárcamo total ($V_{C \text{ total}}$) se determina con la siguiente expresión:

$$V_{C \text{ total}} = V_{C \text{ (1 equipo)}} + V_{C \text{ (2 equipos)}} + \dots + V_{C \text{ (N equipos)}}$$

En estas fórmulas los factores de tiempo (F_t), y de gasto (F_g) para 1 equipo, 2 equipos, ..., (N-1) equipos son iguales, el que cambia es el factor de volumen (F_v).

TABLA 27.-TIEMPO DE ARRANQUE DE MOTORES

Potencia HP	2 Polos (3600 RPM)			4 Polos (1800 RPM)			6 Polos (1200 RPM)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	15	1.2	75	30	5.8	38	34.0	15	33
1.5	12.9	1.8	76	25.7	8.6	38	29.1	23	34
2	11.5	2.4	77	23.0	11	39	26.1	30	35
3	9.9	3.5	80	19.8	17	40	22.4	44	36
5	8.1	5.7	83	16.3	27	42	18.4	71	37
7.5	7.0	8.3	88	13.9	39	44	15.8	104	39
10	6.2	11	92	12.5	51	46	14.2	137	41
15	5.4	16	100	10.7	75	50	12.1	200	44
20	4.8	21	110	9.6	99	55	10.9	262	48
25	4.4	26	115	8.8	122	58	10.0	324	51
30	4.1	31	120	8.2	144	60	9.3	384	53
40	3.7	40	130	7.4	189	65	8.4	503	57
50	3.4	49	145	6.8	232	72	7.7	620	64
60	3.2	58	170	6.3	275	85	7.2	735	75
75	2.9	71	180	5.8	338	90	6.6	904	79
100	2.6	92	220	5.2	441	110	5.9	1181	97
125	2.4	113	275	4.8	542	140	5.4	1452	120
150	2.2	133	320	4.5	640	160	5.1	1719	140
200	2.0	172	600	4.0	831	300	4.5	2238	265
250	1.8	200	1000	3.7	1017	500	4.2	2744	440

Datos tomados de catálogo de motores U.S. Motors

A = Número máximo de arranques por hora

B = Inercia del motor WK^2 en lb-pie²

C = Tiempo mínimo de reposo entre paro y arranque en segundos

Arranque por hora $\leq A \leq B / (\text{Carga } WK^2)$

WK^2 es inercia de la carga (bomba) acoplada al motor

Nota: los datos pueden variar dependiendo del tipo y características del equipo, así como el fabricante.

4.5.1.1.7.- ZONA DE SUCCIÓN

Se denomina zona de succión a la superficie del cárcamo húmedo en la cual se encuentran ubicadas las bombas sumergibles, las campanas de succión de las bombas horizontales o las columnas de las bombas verticales.

La zona de succión de los Equipos de Bombeo, cuando el nivel mínimo del agua está por debajo de la cota del impulsor, se diseñará en base a los siguientes parámetros:

Nivel máximo del agua en el cárcamo ($N_{\text{máx}}$), es el nivel máximo determinado por los dispositivos de control del sistema.

Nivel mínimo del agua en el cárcamo ($N_{\text{mín}}$), es el nivel mínimo del agua determinado por la diferencia entre el nivel máximo de agua en el cárcamo y el nivel máximo de sumergencia requerido (Ver sección 4.5.1.1.3) por los equipos de bombeo para gasto máximo.

Nivel de la parte baja de la campana de succión. Es la diferencia entre el ($N_{mín}$) y el nivel mínimo de sumergencia requerido (Ver sección 4.5.1.1.3).

4.5.1.1.7.1.- CAMPANA DE SUCCIÓN

La campana de succión es un accesorio hidráulico, que facilita la entrada del agua al conducto de succión a baja velocidad; reduciendo las pérdidas en la succión y minimizando la formación de vórtices.

Las características y dimensiones de las campanas de succión están estandarizadas por ANSI/AWWA C110/21.10.

El diámetro de la campana de succión, se calcula para una velocidad igual o menor a 1.83 m/s (6 pies/seg).

El diámetro de la tubería de succión, debe calcularse para los siguientes casos:

SI EL GASTO DE LA BOMBA ES:	LA VELOCIDAD DE ENTRADA PUEDE SER DE:
MENOR DE 315 LPS (MENOR DE 5000 GPM)	0.60-2.7 M/S (2.0-9.0) PIES/S
DE 315 A 1260 LPS (DE 5000 A 20000 GPM)	0.90-2.40 M/S (3.0-8.0) PIES/S
MAYOR DE 1260 LPS (MAYOR DE 20000 GPM)	1.20-2.10 M/S (4.0-7.0) PIES/S

4.5.1.1.7.2.- NIVEL DEL AGUA EN EL CÁRCAMO

Nivel máximo del agua, es el máximo nivel que debe alcanzar el agua debido a las condiciones de diseño; generalmente, es determinado por la cota de plantilla del colector que descarga las aguas pluviales al cárcamo de bombeo.

Nivel mínimo del agua, es el nivel que debe alcanzar el agua y está determinado por el nivel de sumergencia requerido por los equipos de bombeo.

La distancia "C" de la parte baja de la campana de succión al nivel de piso terminado en la zona de succión, se determina (conforme a las recomendaciones del HYDRAULIC INSTITUTE) de acuerdo a la siguiente fórmula: $0.30D \leq C \leq 0.50D$.

La distancia "C_p" del centro de la columna de succión (si no existe campana de succión), se determina (conforme a las recomendaciones del HYDRAULIC INSTITUTE) de acuerdo a la siguiente fórmula: $C_p \geq 0.75D$.

La distancia "C_w" de la parte exterior de la campana de succión a los muros del cárcamo de bombeo en la zona de succión, se determina (conforme a las recomendaciones del HYDRAULIC INSTITUTE) de acuerdo a la siguiente fórmula: $C_w \leq 0.25 D$.

En los tres casos "D" corresponde al diámetro de la campana.

4.5.1.2.- EQUIPO DE BOMBEO

Los equipos que se utilizarán en las estaciones de bombeo deben ser apropiados para proporcionar el gasto de diseño contra la carga dinámica total del sistema.

Los equipos, se seleccionarán en base a un análisis comparativo de los diferentes tipos de equipos disponibles en el mercado, considerando las cuatro opciones principales: Bombas Verticales, Bombas Centrífugas Horizontales, Bombas de caja partida y Bombas Centrífugas para Cárcamo Seco.

El sistema debe contar con dispositivos de control de paro y arranque de los equipos de bombeo, con sensores para el control de niveles, además de válvulas aliviadoras de presión, anticipadoras de golpe de ariete para la protección de los mismos y de la tubería de conducción, si el sistema lo requiere.

La memoria técnica deberá incluir la curva del sistema bomba-línea de impulsión, describiendo además el funcionamiento del mismo en sus distintas etapas y presentar análisis de golpe de ariete, así como manual de operación y mantenimiento.

4.5.1.2.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

Los equipos de bombeo se seleccionaran en base a un análisis comparativo de los diferentes tipos de equipos disponibles en el mercado, considerando las siguientes opciones principales: bombas verticales, bombas centrifugas horizontales y bombas sumergibles.

Todos los equipos de bombeo deberán seleccionarse para operar en los puntos de máxima eficiencia y además de cumplir con la siguiente condición: paso de sólidos esféricos de 7.5 cm (3 pulgadas).

Las velocidades en la tubería de descarga están limitadas al estudio del diámetro óptimo (cálculo del diámetro económico).

4.5.1.2.2.- POTENCIA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

Son al menos tres los conceptos, que resultan importantes para la determinación de la potencia requerida por el equipo de bombeo: potencia hidráulica (P_h), potencia al freno (BHP) de la bomba y potencia suministrada al motor (P_s).

Potencia hidráulica (P_h): es la potencia que la bomba debe suministrar al fluido

$$P_h = \frac{dQH}{76}$$

Donde:

- P_h =Potencia en HP.
- d =Densidad relativa del fluido.
- Q = Gasto en LPS.
- H = Carga dinámica en metros.

Potencia al freno (**BHP**): es la potencia mecánica requerida en la flecha de la bomba y que deberá ser suministrada por un motor eléctrico o de combustión interna.

$$\text{BHP} = \frac{QH}{76\eta}$$

Donde:

- BHP = Potencia al freno en HP.
- Q = Gasto en l/s.
- H = Carga en m.
- 76 = Factor de conversión.
- η = La eficiencia de la bomba.

En el sistema métrico se tiene que Potencia al freno es:

$$\text{BHP} = \frac{9.8QH}{\eta}$$

Donde:

- BHP= Potencia al freno en Kw.
- Q = Gasto en m³/s.
- H = Carga en m.
- 9.8 = Factor de conversión al sistema métrico.
- η = La eficiencia de la bomba

La relación entre Kw y HP es:

$$\text{Kw} = 0.7457 \text{ HP.}$$

Potencia suministrada al motor eléctrico (**P_s**): es la potencia requerida por el motor, para que sea capaz de transmitir la potencia al freno de la bomba.

$$P_s = \frac{\text{BHP}}{76 \eta m}$$

Donde:

- BHP = es la potencia al freno de la bomba, en HP.
- ηm = es la eficiencia del motor en %

4.5.1.2.3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

El motor eléctrico que se acople a la bomba, se seleccionará para los requerimientos de la potencia al freno (**BHP**) de la bomba desde el punto de cero caudal hasta el punto de descarga libre. El motor eléctrico, deberá tener un factor de servicio (**F_s**) igual a 1.15; sin embargo, los motores no deberán operar dentro del factor de servicio al suministrar la potencia requerida por la bomba, para evitar el calentamiento del motor y la disminución de la eficiencia del sistema.

Los motores que se vayan a utilizar, tendrán de preferencia las siguientes características:

- Trifásico, de inducción, con rotor tipo jaula de ardilla.
- Carcasa sellada enfriada por ventilador tipo **TEFC**.
- Aislamiento Clase **F**.
- Factor de servicio (**F_s**) de 1.15
- Diseño **NEMA B** con factor de deslizamiento menor a 3%.
- Código **NEMA F**. De alta eficiencia o eficiencia Premium.
- Voltaje de operación 230/460 V, AC, 3 fases, 60 Hz.

Los motores se pueden clasificar por el tipo carcasa, de la manera siguiente:

ODP	motor de carcasa abierta a prueba de goteo
TENV	motor de carcasa totalmente cerrada no ventilado
TEBC	motor de carcasa totalmente cerrada enfriado por un ventilador (BLOWER) separado
TEFC	motor de carcasa totalmente cerrada enfriado por un ventilador

4.5.1.2.4.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS

4.5.1.2.4.1.- NORMATIVIDAD

Las instalaciones eléctricas, se sujetarán a las normas oficiales mexicanas vigentes. La memoria técnica de cálculo de las instalaciones eléctricas deberá cumplir con todas las bases de diseño proporcionadas por la Comisión Federal de Electricidad.

4.5.1.2.4.2.- TABLEROS ELÉCTRICOS

Los gabinetes de los tableros eléctricos serán fabricados de lámina de acero de calibre 12 o mayor, ensamblados, cableados y verificados en fábrica. Los gabinetes deberán cumplir con la norma NEMA - 1 para servicio interior, NEMA -12 cuando sea necesario evitar el polvo, NEMA-3R para servicio a prueba de lluvia y NEMA 4X cuando se instale en ambientes corrosivos. La pintura exterior de los gabinetes será color gris ANSI 49.

4.5.1.2.4.3.- TENSIÓN ELÉCTRICA

La tensión de diseño de los gabinetes será de 600 voltios, todas las partes energizadas presentarán un frente muerto para el operador.

Dependiendo de las características de los equipos instalados, las tensiones de operación serán 230 voltios o bien 460 voltios.

4.5.1.2.4.4.- CONTROLADORES

La capacidad nominal del controlador del motor (en KW o HP) no debe ser menor a la capacidad del motor.

Los arrancadores de los motores podrán tener las siguientes características.

En motores hasta de 15 HP:	Arrancador a tensión plena
En motores de 20 HP en adelante	Arrancador a tensión reducida.

4.5.1.2.3.5.- SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

En sistemas de bombeo con potencia igual o mayor a 20 HP, será necesario instalar subestación eléctrica, acorde a cubrir la capacidad y necesidades del sistema de bombeo, y para potencias menores a la indicada, se instalarán subestaciones eléctricas si así lo requiere la Comisión Federal de Electricidad, además de realizar los trámites que requiera dicha dependencia. La subestación eléctrica deberá ser complementada con el mecanismo de desconexión.

4.5.1.3.- EQUIPO DE EMERGENCIA

Con el objeto de asegurar un servicio continuo en caso de suspensión en el suministro de energía eléctrica, el sistema deberá incluir un equipo de combustión interna acoplado al equipo de bombeo, o generador eléctrico, para los sistemas en que se requiera asegurar el servicio de alejamiento de aguas pluviales.

4.5.1.4.- OBRA CIVIL

Tanto los equipos de bombeo y el sistema de control eléctrico deberán estar alojados en un cuarto de protección, a base de muros de bloque con estructura de concreto reforzado, conteniendo en su interior grúa para el montaje y desmontaje del equipo, con polipastos y viga-puente viajero, cuya opción de operación y manejo pudiera ser manual o automatizado dependiendo del tamaño y peso de los motores y bombas.

Se deberán colocar rejillas y desarenador en una estructura adecuada, que permita su limpieza, aguas arriba del cárcamo, para detener los objetos flotantes y azolves que puedan obstruir la tubería de succión.

Para lograr un nivel de seguridad adecuado deberán construirle al predio un muro, debidamente diseñado, este podrá ser parte de los límites de la estructura de protección de los equipos de bombeo. El resto de las estructuras hidráulicas deberán tener una separación mínima de 5.00 m al muro colindante. Así también dependiendo del tamaño del predio en general, éste deberá contar con un cerco perimetral.

Una vez definido el equipo y la geometría del cárcamo, de la casa de bombas, de las obras de protección y de otras instalaciones que formarán parte del sistema de bombeo, se procederá al diseño estructural, a nivel ejecutivo, con memoria y planos específicos de construcción.

Se deberán realizar los convenios de afectaciones ocasionadas por la localización de las líneas y estaciones de bombeos. Indicando en plano la geometría con dimensiones, que se requieran para alojar las instalaciones, documentándose el terreno a nombre de la **Autoridad** responsable del mantenimiento de la infraestructura.

4.5.1.5.- LÍNEA DE IMPULSIÓN

4.5.1.5.1.- DISEÑO HIDRÁULICO Y GOLPE DE ARIETE

El cálculo hidráulico en líneas de conducción a presión, se basará en las fórmulas de Hazen - Williams o Manning, debiéndose calcular las pérdidas por fricción y locales por piezas especiales.

HAZEN - WILLIAMS	MANNING
$V = 0.355 C D^{0.63} S^{0.54}$	$V = \frac{(R_h)^{2/3} S^{1/2}}{n}$
$Q = \frac{0.2788 C (h_f)^{0.54} D^{2.63}}{L^{0.54}}$	$Q = VA$
$h_f = 10.679 L e Q^{1.852} / (C^{1.852} D^{4.87})$	$h_f = K L Q^2$
$L_e = K C^{1.852}$	$K = \frac{10.293 n^2}{D^3}$

Donde:

- Q = Gasto o flujo en m³/s.
- C = Coeficiente de rugosidad de la tubería según Hazen - Williams, adimensional.
- D = Diámetro interior del tubo en metros.
- h_f = Pérdida de carga por fricción en metros.
- L = Longitud del conducto en metros.
- V = Velocidad media en m/s.
- S = Pendiente Hidráulica, adimensional.
- K = Constante, adimensional.
- A = Área hidráulica transversal del tubo en m².
- n = Rugosidad del conducto, coeficiente de Manning, adimensional.
- R_h = Radio hidráulico, en metros.
- L_e = Longitud equivalente del conducto en metros.

Los valores de los coeficientes de rugosidad C y n, para distintos tipos de materiales en tuberías; se enlistan en la TABLA 28, El valor del coeficiente de rugosidad, depende del material y estado de las paredes, grado de uso o de desgaste, etc.

TABLA 28.-COEFICIENTE DE RUGOSIDAD C DE HAZEN - WILLIAMS y n DE MANNING

Material	COEFICIENTE C		Coeficiente n
	Proyectos y obras nuevas, hasta 10 años	Con antigüedad, más de 10 años	
Fierro fundido y/o acero, con Recubrimiento interior de material epóxido	125	115	0.014
Hierro dúctil, con recubrimiento interior de mortero	135	125	0.013
PVC	150	140	0.010
PAD	140	130	0.011

En el perfil de conducción, se hará el trazo de la línea piezométrica, que corresponde a los diámetros que satisfagan la condición de que la carga disponible sea mayor o igual a la pérdida de carga por fricción. Además se revisarán las clases de tubería con respecto a la línea estática y en sistemas de bombeo con la línea de sobrepresión producida por el golpe de ariete.

GOLPE DE ARIETE

Con el objeto de revisar el posible efecto, y prever en su caso la protección contra la fuerza dinámica adicional a la carga dinámica normal por la interrupción del bombeo, o el cierre repentino de una válvula, se calculará la sobre presión máxima producto del golpe de ariete para la condición de máximo gasto, aplicando el principio de conservación de la energía.

Energía cinética del agua = Energía para comprimir el agua + Energía para expandir el tubo.

Substituyendo valores se obtienen los resultados, aplicando la siguiente fórmula:

$$H = \frac{145.26 \times V}{\sqrt{1 + \frac{E_s d}{E_t e}}}$$

Donde:

- H = Incremento de presión ocasionado por el golpe de ariete en m.c.a.
- V = Velocidad del agua en la conducción en m/s
- E_s = Módulo de elasticidad del agua = 20,670 kg/cm²
- d = Diámetro interior del tubo en cm
- e = Espesor de la pared del tubo en cm
- E_t = Módulo de elasticidad de las paredes del tubo (variable en función del tipo de tubería) en kg/cm².

De acuerdo al valor arrojado por la fórmula, el proyectista deberá en función al gasto de bombeo, diseñar y proponer los mecanismos de protección tanto para la tubería como para las piezas instaladas en el sistema de bombeo.

Para instalación de tuberías localizadas en cauces de arroyos, estas deberán proponerse sobre las márgenes con protecciones para prevenir flotación y falla por socavación, ver ANEXO APL-9. En el caso de utilizar gaviones deberán construirse de acuerdo a las siguientes especificaciones. Las rocas deberán ser de piedra triturada de 10 a 30 cm de diámetro, con un peso de 1750 kg/m³ y una absorción de 4.5% máxima, serán fabricados con malla metálica de triple torsión, de alambre metálico de acero dulce ASTM 641-32 clase 3 galvanizado calibre No. 12 ½ (2.40 mm) y reforzados en sus aristas con alambre de acero dulce ASTM 641-32 clase 3 galvanizado calibre No. 3 (3.40 mm).

En tuberías con cople, deberán diseñarse atraques en los cambios de dirección vertical y horizontal. Para presiones de trabajo mayores de 7 Kg/cm² (70 m.c.a.), deberá presentarse el diseño de los mismos. Los atraques deberán ser colocados en suelos inalterados, fuera de rellenos; en el caso de que el suelo no tenga capacidad de carga mayor a 5 ton/m², estos deberán diseñarse de acuerdo a la resistencia del suelo. Cuando el suelo adyacente no presente buenas condiciones de confinamiento o sea alterado,

deberán diseñarse por gravedad. En caso de tener tramos obligados de tubería de acero expuesta a la intemperie, deberán preverse juntas de expansión.

Cuando la topografía es accidentada, en la línea de impulsión se localizarán válvulas de admisión y expulsión de aire (VAYEA), en los sitios donde se presenten cambios de pendiente, en las partes altas. En topografía plana, se localizarán en puntos situados a cada 500 m como máximo; su diámetro será determinado en función del gasto de conducción y la presión o con nomogramas que para tal fin tienen los fabricantes.

En todos los sitios donde se proponga la instalación de VAYEA, se deberá contar con una presión dinámica mínima de 0.35 kg/cm².

En los puntos bajos de la línea, se proyectarán desfuegos para mantenimiento y limpieza.

Las válvulas de seccionamiento serán compuerta con asiento resilente conforme a los estándares AWWA C 515 ó C 509 para diámetros de 75 mm (3") a 300 mm (12"), para una presión de trabajo de 14.07kg/cm² (200 psi) como mínimo y para válvulas de 350 mm (14") conforme al estándar AWWA C515. Para diámetros de 400 mm (16") a 1200 mm (48") de diámetro serán de acuerdo a los estándares AWWA C 515, para una presión de trabajo de 17.60 kg/cm² (250 psi). Los extremos bridados o de junta mecánica serán conforme al estándar de referencia de la válvula.

Es deseable, que todas las tuberías queden alojadas en zanja, para obtener la máxima protección, con profundidad máxima de 3.00 m, sin embargo, las tuberías de acero podrán instalarse superficialmente, garantizando su protección al intemperismo y seguridad.

En caso de tener tramos obligados de tubería de acero expuesta a la intemperie, deberán preverse juntas de expansión.

TABLA 29.-TIPO Y ESPECIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS A PRESIÓN

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN
PVC	AWWA C 900, de 10 cm ø (4") a 30 cm ø (12").
PVC	AWWA C 905, de 35 cm ø (14") o Mayor.
PAD	ASTM D 1248, ASTM D-2657, ASTM D 3350 NMX-E-018-1996-SCFI, Y AWWA C-906 de 10 cm ø (4") a 160 cm ø (63").
ACERO	ASTM A 53 B, NOM-B-177, AWWA C200 y AWWA C 205, con recubrimiento interior y exterior de mortero de cemento-arena, con lanzamiento centrifugo
HIERRO DÚCTIL	ANSI A21.51/AWWA C151 recubrimiento interior con asfalto y con ANSI A21.4 / AWWA C104 para recubrimiento interior con mortero cemento-arena, en suelos corrosivos instalar con manga de polietileno ANSI A21.5 / AWWA, C105.
FIERRO FUNDIDO	ASTM A 74

PIEZAS ESPECIALES

Las piezas especiales para tubería de PVC deberán cumplir con los estándares de la AWWA C907-04 para diámetros de 100 mm (4") a 300 mm (12").

Las piezas especiales para tuberías de asbesto - cemento (A-C) serán de fierro fundido (Fo.Fo.), las cuales deberán cumplir con los estándares de la ANSI / AWWA C110/A21.10.

Las piezas especiales para tuberías de fierro dúctil, para piezas bridadas será bajo los estándares ANSI / AWWA C110/A21.10 Y ANSI/AWWA C153/A21.53 o ISO 2531 con bridas ANSI clase 150 o 300, para piezas de unión espiga-campana será bajo los estándares ANSI / AWWA C111/A21.11 Y ANSI/AWWA C153/A21.53 o ISO 2531.

4.5.1.5.2.- DIÁMETRO ECONÓMICO

En toda línea de conducción a presión, se hará el estudio del diámetro económico, determinando el costo total de amortización anual de la obra, más la operación anual para varias alternativas de diámetro, cuyo valor menor será el que fije el diámetro económico. Los cálculos se deben realizar tomando en cuenta la sobrepresión producida por los fenómenos transitorios por paros en el bombeo, imprevistos o programados, ver ANEXO APL-10.

4.5.1.5.3.- PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PARA TUBERÍAS DE ACERO

Toda tubería de acero y piezas especiales, ya sea instalada superficial o subterránea, deberá ser protegida anticorrosivamente, según las siguientes especificaciones:

Se entenderá por recubrimiento anticorrosivo en tubería de acero, a todas las maniobras, equipo, mano de obra y materiales que se requieran para efectuar el trabajo de protección.

Una vez que las diversas piezas (fontanería) que toman parte de la tubería hayan sido fabricadas de acuerdo a los requerimientos mínimos y especificaciones, con la aprobación de la Autoridad Correspondiente. Se debe aplicar el recubrimiento con los productos anticorrosivos correspondientes.

El procedimiento a seguir para la limpieza y aplicación de la pintura de recubrimiento anticorrosivo será indicado a continuación: se limpiaran las superficies a recubrir con el método chorro de arena a metal blanco a fin de quitar todo el óxido, salpicadura de metal, grasa, etc.

Es importante que no queden residuos de polvo generado durante la limpieza sobre el tubo; antes de aplicar el primario, deberá eliminarse éste totalmente.

A.-PROTECCIÓN A BASE DE ALQUITRÁN DE HULLA

El alquitrán de hulla que sea empleado deberá cumplir con la norma ANSI-AWWA-C203-86 y los requisitos señalados en las especificaciones del fabricante aprobadas por el Organismo Operador.

B.-PROTECCIÓN ANTICORROSIVA CON RESINAS EPÓXICAS

Los recubrimientos a base de resinas epóxicas generalmente se fabrican de 3 (tres) tipos: modificados con aceite, catalizados y horneados a alta temperatura. Para la protección anticorrosiva interior en tubería de acero se deberán usar principalmente los productos epóxicos catalizados y en algunos casos, los horneados, a consideración del Organismo Operador.

C.-PROTECCIÓN ANTICORROSIVA CON RECUBRIMIENTO INORGÁNICO DE ZINC

Cuando la tubería de acero deba quedar instalada superficialmente, se utilizará revestimiento de tipo inorgánico (silicato de zinc) que se comporta adecuadamente para exposiciones severas a la intemperie; se aplica directamente sobre la superficie exterior, y se requiere una magnífica preparación de ella a chorro de arena.

D.-PROTECCIÓN ANTICORROSIVA POR EL MÉTODO ELECTROQUÍMICO (CATÓDICA)

La protección catódica para controlar el proceso de corrosión en tuberías de acero subterráneas o sumergidas, se lleva a cabo de dos maneras. 1) Uniendo un material que sea más electronegativo que el que se desea proteger, conocido como Protección Catódica con Ánodos de Sacrificio 2) Inyectando corriente directa negativa a la tubería que se desea proteger, conocida como Protección Catódica con Corriente Impresa.

TUBERÍA EN ZANJA

RECUBRIMIENTO EXTERIOR

La impregnación con alquitrán de hulla deberá aplicarse inmediatamente después que se haya terminado de limpiar la superficie a tratar, y durante la aplicación dicha superficie deberá encontrarse totalmente seca y libre de materiales extraños.

Las operaciones no deberán ejecutarse a la intemperie durante ocurrencia de lluvias o neblinas.

La aplicación del alquitrán podrá ser con brocha a mano, con empleo de pistolas neumáticas, aspersoras o por combinación de ambos métodos, según lo determine el Organismo Operador.

Cualquiera que sea el método de aplicación, el equipo que sea empleado para la aplicación por aspersión neumática deberá contar con un tanque regularizador de presiones o un dispositivo separador del aceite y humedad, que eventualmente pueda contener el aire del equipo neumático.

La aplicación deberá ser ejecutada de forma tal que al quedar terminada, forme sobre la superficie tratada, una película de 350 micras (14 milésimas de pulgada) de espesor (la aplicación del alquitrán entre capa y capa no deberá ser menor de 6 horas, ni mayor de 24 horas para una mejor adherencia).

RECUBRIMIENTO INTERIOR

- a).- Aplicación de 2 capas de primario epóxico modificado a un espesor de película seca por capa de 1 milésima de pulgada
- b).- Aplicación de 2 capas de acabado epóxico de altos sólidos a un espesor de película seca por capa de 3 milésimas de pulgada en color blanco, dando un espesor total incluyendo el primario de 8 milésimas de pulgada.

Terminada la aplicación, la película protectora deberá quedar uniforme y libre de escurrimientos, gotas, anegamientos, superficies o manchas descubiertas. Las irregularidades deberán ser removidas, realizando de nuevo la aplicación conforme a lo descrito anteriormente a juicio del Supervisor de la Autoridad Correspondiente.

Estos recubrimientos deberán cumplir como mínimo las siguientes pruebas en el laboratorio: adherencia y espesor de película seca.

Ningún sistema de recubrimiento podrá darse por aceptado hasta que todas las pruebas, análisis e inspección final correspondientes hayan sido certificadas por el Supervisor de la Autoridad Correspondiente.

TUBERÍA EXPUESTA A LA INTEMPERIE

RECUBRIMIENTO EXTERIOR

- a).- Aplicación de primario inorgánico de zinc autocurante, a un espesor de película seca de 2 a 3 milésimas de pulgada.
- b).- Aplicación de dos capas como recubrimiento de acabado epóxico de altos sólidos a base de resinas epóxicas, plastificante, en color azul, para dar un espesor de película, seca de 2 a 3 milésimas de pulgada por cada capa, dando un espesor total incluyendo el primario, de 6 a 9 milésimas de pulgada.

Las aplicaciones no deberán ejecutarse a la intemperie, durante ocurrencia de lluvias o neblinas.

RECUBRIMIENTO INTERIOR

- a).- Aplicación de 2 capas de primario epóxico modificado a un espesor de película seca por capa de 1 milésima de pulgada.
- b).- Aplicación de 2 capas de acabado epóxico de altos sólidos a un espesor de película seca por capa de 3 milésimas de pulgada en color blanco, dando un espesor total incluyendo el primario de 8 milésimas de pulgada.

Terminada la aplicación, la película protectora deberá quedar uniforme y libre de escurrimientos, gotas, anegamientos, superficies o manchas descubiertas; todas las irregularidades deberán ser removidas a juicio del Supervisor de la Autoridad Correspondiente.

Estos recubrimientos deberán cumplir como mínimo las siguientes pruebas en el laboratorio: adherencia y espesor de película seca.

Ningún sistema de recubrimiento podrá darse por aceptado hasta que todas las pruebas, análisis e inspección final correspondientes hayan sido certificadas por el Supervisor designado por la Autoridad Correspondiente.

4.5.1.5.4.- INSTALACIÓN DE TUBERÍA A PRESIÓN

EN ZANJA

Es deseable que todas las tuberías queden alojadas en zanja para obtener la máxima protección. Se deberá colocar una banda de plástico preventiva de 7.5 cm (3") de ancho con la leyenda "precaución línea alcantarillado pluvial" color blanco, colocada a 50 cm sobre el lomo del tubo y a todo lo largo del eje longitudinal de la tubería.

PROFUNDIDAD MÍNIMA

La profundidad mínima a nivel de lomo de tubo será de 1.00 m en material "C" y de 1.20 m en material "A" y "B" en diámetros de tuberías de hasta 300 mm (12"). Para diámetros mayores el colchón mínimo será de 1.50 m para evitar rupturas de los conductos ocasionadas por cargas vivas.

PROFUNDIDAD MÁXIMA

La profundidad máxima de la tubería a nivel de lomo de tubo será de 2.50 metros, y en casos extraordinarios quedará a juicio de la Autoridad Correspondiente.

4.5.2.- ESTRUCTURA DE CRUCE

Una estructura de cruce permite el paso de la tubería por debajo o sobre obstáculos, que de otra forma impedirían la construcción de la red de alcantarillado. Entre estas se tienen:

4.5.2.1.- CRUCE ELEVADO

Cuando un trazo tiene que cruzar una depresión profunda de poca anchura, se utilizan estructuras ligeras como son puentes de acero, concreto o madera, los cuales soportan la tubería que conduce al pluvial.

El paso de este conducto por un puente vial o ferroviario existente, debe ser de acero y estar suspendido del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en sitio que permita su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita, sin olvidar que entre esa estructura y el conducto, debe existir cierta flexibilidad. La tubería de acero se debe proteger interior y exteriormente contra la corrosión.

4.5.2.2.- ALCANTARILLA PLUVIAL

Este tipo de estructuras de cruce son regularmente empleadas en carreteras, caminos, vías de ferrocarril, arroyos o canales, gasoductos, oleoductos, etc. e incluso en ciertas calles en localidades donde se ha respetado el paso de las corrientes naturales. Son tramos de tubería o conductos que se incorporan en el cuerpo del terraplén de un camino para facilitar el paso de las aguas de las corrientes naturales, o de aquellas conducidas por canales o cunetas, a través del terraplén. Cuando las dimensiones de los conductos son excesivas, es más conveniente el diseño de un puente en la vialidad. El tipo de cruce requerido deberá contar con la plena autorización de acuerdo a los lineamientos de la entidad responsable de la infraestructura sujeta a afectación.

4.5.3.- CONTROL DE AZOLVES

Las obras de retención de azolves deberán ubicarse preferiblemente en los cambios de mayor a menor pendiente y en el caso de conductos cerrados, estos deberán dotarse de registros para limpieza con acceso total y con protección contra la intrusión de azolves.

Como medidas complementarias para los desarrollos dentro de la cuenca, se recomienda la construcción de estructuras retenedoras de azolve, la construcción de taludes estables y la protección de cortes con vegetación, mampostería, de acuerdo con estudios de geotecnia que proporcionen las recomendaciones precisas en cuanto a talud, altura de corte o terraplén, localización de banquetas, etc.

En las banquetas de taludes se recomienda la construcción de contracunetas pluviales que impidan el escurrimiento por encima del terraplén, con lavaderos para descarga a los arroyos o drenes pluviales.

Las obras de retención de azolves requerirán de un mantenimiento continuo, para lo cual deberán contar con acceso al equipo de limpieza y fijarse los sitios de tiradero de azolve, de tal manera que estos no vuelvan a inferir sobre las cuencas pluviales.

4.5.3.1.- TANQUES DESARENADORES

Una vez identificadas las zonas vulnerables a los efectos producidos por los escurrimientos y a volúmenes importantes de arrastres, deberá considerarse en el proyecto geométrico de cada tanque la disponibilidad de espacio para su construcción, así como en las recomendaciones de estudios de geotecnia y mecánica de suelos para el desplante de la estructura, previo levantamiento de detalle del sitio elegido. Los volúmenes máximos estimados de azolve que pueden generarse aguas arriba de cada sitio propuesto son calculados conforme a la ecuación universal de pérdida de suelo, descrita en capítulo 4 de este documento, mismo que se describe brevemente a continuación:

Para estimar el volumen de azolve y derivada de los criterios de Musgrave, Weischmeir y Smith, siendo estos dos últimos que en 1985 presentaron la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo de la manera siguiente:

$$W = R K L S C P F$$

Donde:

- W = Pérdida de suelo en unidad de peso por unidad de área (ton/km²).
- R = Factor de lluvia.
- K = Factor de erosionabilidad del suelo.
- L = Factor de longitud.
- S = Factor de pendiente.
- C = Factor de cultivo.
- P = Factor de práctica de control de la erosión.
- F = Factor de conversión de unidades.

a.- Factor de lluvia R

Representa la pérdida de suelo en el tiempo de lluvia considerado. Se obtiene en función de la precipitación máxima (*P*) en un tiempo determinado en que se requiere evaluar la erosión, al que se asocia el arrastre. Puede calcularse con la lluvia mensual, con el

máximo registro de lluvia para un mes, transformando este factor mensual a una lluvia media de tres días, o bien considerando los datos de tres días de la lluvia máxima registrada según datos disponibles.

Según estudios del Instituto de Ingeniería de la UNAM

$$R = 0.005 P^{2.203}$$

b.- Factor de erosionabilidad del suelo K

Representa la medida de la facilidad con que el suelo puede ser erosionado, en función de sus características físicas y químicas, depende de la granulometría, cohesión, compactación natural y permeabilidad. Corresponde al promedio ponderado de los coeficientes de erosionabilidad particulares de cada material conformante del suelo (grava, arena, limo y arcilla), coeficientes obtenidos de la **TABLA 30** y **TABLA 31**.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^4 (K_i P_i)}{1000}$$

Donde:

i = Tipo de material que compone el suelo.

K_i = Valor de K para el material i , obtenido de la **TABLA 30** y **TABLA 31**

P_i = Porcentaje de cada material i que tiene el suelo K .

Cuando en una zona se tienen diferentes tipos de suelo, se utiliza un valor de K ponderado de acuerdo con el área que ocupe en la zona cada tipo de suelo.

TABLA 30.-FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TEXTURA DEL SUELO

TEXTURA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO	PERMEABILIDAD			
	Muy lenta	Lenta	Moderada	Rápida Muy rápida
Arcillosa, Arcillo – Limosa, Arcillo – Arenosa	0.37	0.32	0.28	0.24
Limo –Arcillosa, Limo-Arcillo-Arenosa	0.43	0.37	0.32	0.28
Limo, Limo y arena muy fina	0.49	0.43	0.37	0.32
Limo y arena fina, Limo arenosa	0.49	0.32	0.24	0.20
Arena, Areno-Limo-Arcillosa, Arena Limosa	0.28	0.24	0.20	0.17 a 0.15

TABLA 31.-FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TIPO DE SUELO

	S U E L O	K
1.-	Aluvión limoso de DUNKIRK	0.69
2.-	Aluvión limoso de KEENE	0.48
3.-	Limo de SHELBY	0.41
4.-	Limo de LODI	0.39
5.-	Aluvión limoso de FÁLLETE	0.38
6.-	Arena arcillosa	0.36
7.-	Aluvión limoso de MARSHALL	0.33
8.-	Aluvión limoso de IDA	0.33
9.-	Arcilla limosa de MANCIC	0.32
10.-	Aluvión arcilloso limoso de HAGARSTOWN	0.31
11.-	Arcilla limosa de MANSIC	0.29
12.-	Aluvión limoso de MÉXICO	0.28
13.-	Aluvión limoso de HONEOYE	0.28
14.-	Limo arenoso de CECIL	0.28
15.-	Limo de ONTARIO	0.27
16.-	Limo arcilloso de CECIL	0.26
17.-	Arena fina limosa de BOSWELL	0.25
18.-	Arena fina limosa de ZANEIS	0.22
19.-	Arena limosa de TIFTON	0.10
20.-	Arena limosa de FREEHOLD	0.08
21.-	Aluvión arcilloso BATH HAGGY, con remoción de 5 cm de piedras superficiales.	0.05
22.-	Limo gravoso de ALBIA	0.03

c.- Factor de topografía del terreno**1.- Factor de Gradiente o pendiente "S"****2.- Factor de Longitud**

1.- El factor de Gradiente o Pendiente "S", La pendiente que tenga un terreno, influirá de alguna manera a la capacidad de ese suelo a ser erosionado. Así de dos suelos con iguales características de composición de y cobertura vegetal, presentara más propensión a ser erosionado aquel que tenga mayor pendiente por dos efectos principales:

por tener un ángulo de inclinación mayor, ya que las partículas de ese suelo necesitan una mayor fuerza para ser transportados o movidos pendiente abajo, y porque en un terreno con mayor pendiente el agua adquiere mayor velocidad y por lo tanto mayor fuerza erosiva.

Los autores definen este factor como una función de la pendiente del terreno en estudio, comparándola con la erosión que se presento en las parcelas experimentales que tenían 9% de pendiente, de esta manera tenemos:

$$S = \frac{Sc}{9\%}$$

Donde:

S_c = Pendiente media de la cuenca, determinada por los métodos de Alvord o Horton, en porcentaje.

2.- El factor de Longitud, depende directamente del tamaño de la cuenca, pudiendo esperar que se presenten una mayor erosión en un terreno grande que en uno más pequeño, ya que para una lluvia de iguales características, el número de partículas que pueden desprenderse de un suelo es directamente proporcional a su tamaño.

El factor de longitud es la relación entre la longitud del terreno por estudiar y la longitud de los terrenos experimentales (72.6 pies). El valor numérico de dicho factor esta dado por:

$$L = \left(\frac{L_o}{72.6} \right)^m$$

Donde:

L_o = Longitud del terreno en estudio en pies.

m = Exponente que se determina de mediciones de campo y para este estudio se toma como 0.50.

$$L_o = \sqrt{\frac{1}{D\pi}}$$

Donde:

D = Densidad de drenaje.

$$D = \frac{L}{A}$$

Donde:

L = Longitud de las corrientes perennes e intermitentes en la cuenca, en Km.

A = Área total de la cuenca, en Km².

FACTOR TOPOGRÁFICO DEL TERRENO "LS"

Para simplificar el manejo de la Ecuación de Pérdida de Suelos, se deberá emplear la fórmula de Factor topográfico del terreno, el cual considera conjuntamente los factores de longitud y pendiente. Su expresión es la siguiente:

$$LS = 0.5 L_o (0.0076 + 0.0053 S_o + 0.0007 S_o^2)$$

Donde:

L_o = Longitud de la cuenca o subcuenca en estudio, en pies.

S_o = Pendiente media de la cuenca, en porcentaje.

d.- Factor de cultivo C

Factor que toma en cuenta la protección contra la erosión que proporciona la cubierta vegetal, se obtiene de la TABLA 32, TABLA 33 y TABLA 34 como función de los

diferentes tipos de cubierta en toda la cuenca, terrenos de cultivo, pastizales y bosques. Su valor se pondera para diferentes tipos de cubierta vegetal en toda la cuenca.

TABLA 32.-FACTOR DE CULTIVO C PARA ÁREAS DE CULTIVO

Secuencia	Rendimiento	E T A P A				
		Barbecho	Mes 1	Mes 2	Madurez	Residuo
Primer año de maíz, después de pradera.	2	0.15	0.30	0.27	0.15	0.22
Segundo año de maíz después de pradera, residuos removidos del terreno.	3	3.20 0.32	5.10 0.51	4.10 0.41	2.20 0.22	2.60 0.26
Segundo año de maíz después de pradera, residuos dejados en el terreno.	3	6.00 0.60	6.50 0.65	5.10 0.51	2.40 0.24	6.50 0.65
Tercer o más años de maíz	-	3.60 0.36	6.30 0.63	5.00 0.50	2.60 0.26	3.00 0.30
Establecimiento de pasto y de prado de legumbres.	3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

TABLA 33.-FACTOR DE CULTIVO C PARA PASTIZALES (Grass), TERRENOS EN DESCANSO Y FORESTALES (Wood)

Cobertura Vegetal		Tipo	% de cobertura del terreno					
Tipo y Altura	%		% de cobertura del terreno					
			0	20	40	60	80	90-100
A.- Ninguna	0	G	0.45	0.20	0.10	0.042	0.012	0.003
		W	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
E.- Hierba o Maleza corta, 0.5 m	25	G	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		W	0.36	0.20	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	G	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		W	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	G	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
		W	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
C.- Maleza o Arbusto, 2 m	25	G	0.40	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		W	0.40	1.22	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	G	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		W	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
	75	G	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		W	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011
D.- Árboles, 4 m	25	G	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003
		W	0.42	1.23	0.14	0.089	0.042	0.011
	50	G	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		W	0.39	0.21	0.14	0.087	0.042	0.011
	75	G	0.36	0.17	0.09	0.039	0.013	0.003
		W	0.36	0.20	0.13	0.087	0.041	0.011

TABLA 34.-FACTOR DE CULTIVO C PARA BOSQUES

Cobertura de Árboles %	Cubierta forestal %	Vegetación inferior	Factor C
100 -75	100 – 90	Controlada	0.001
		Sin control	0.003 a 0.011
70 – 40	85 – 75	Controlada	0.002 a 0.004
		Sin control	0.01 a 0.04
35 – 20	70 – 40	Controlada	0.003 a 0.009
		Sin control	0.02 a 0.09

e.- Factor de práctica de control de la erosión P.

Factor que toma en cuenta las obras que reduzcan la erosión, como la construcción de terrazas, surcos, etc. $P = 1.0$, si no existen obras y va disminuyendo en función de las obras existentes, su valor se obtiene de la TABLA 35 y se pondera en función a la regionalización que a este respecto se pueda hacer de la cuenca.

TABLA 35.-FACTOR DE PRÁCTICA DE CONTROL DE LA EROSIÓN P.

Pendiente del terreno %	Cultivo a nivel	Cultivo en fajas de contorno	Terrazas	
			Cauces herbosos como desagües	Con desagüe subterráneo
1 a 2	0.60	0.30	0.12	0.05
3 a 8	0.50	0.25	0.10	0.05
9 a 12	0.60	0.30	0.12	0.05
13 a 16	0.70	0.35	0.14	0.05
17 a 20	0.80	0.40	0.16	0.06
21 a 25	0.90	0.45	0.18	0.06

f.- Factor de conversión de unidades F.

$$F = 224.2 \text{ Para obtener } W \text{ en } t / \text{km}^2$$

Volumen de diseño para obras de retención de sólidos.

Los pasos necesarios para calcular el volumen de diseño de las obras de retención de los sólidos serán los siguientes:

- 1).- Con el peso de los sólidos aportados por unidad de área en la cuenca o subcuenca en estudio en un determinado tiempo, se calcula el volumen W correspondiente a ese período, dividiendo el peso por unidad de área en un tiempo determinado entre un peso volumétrico promedio de 1.8 t/m^3 . El resultado obtenido estará en unidades de metros cúbicos por kilómetro cuadrado, en el lapso de tiempo considerado.
- 2).- Se calcula el volumen total aportado por la cuenca, multiplicando el resultado anterior por la superficie total de la cuenca, dada en kilómetros cuadrados.

- 3).- El dato calculado anteriormente será el volumen aportado por toda la cuenca, en el tiempo de lluvia considerado. A partir de este volumen se calculará de manera proporcional el volumen correspondiente a 72 horas, el cual será el volumen de diseño.

Los Tanques Desarenadores deberán construirse mediante estructuras de concreto armado, basados en los estudios antes descritos y en función de un análisis y cálculo estructural. Todos los tanques deberán dotarse de drenaje en el respaldo de sus muros. El sistema incluye una capa de material filtrante en toda la altura del respaldo, tubos perforados de recolección y un sistema de conducción y desalajo del agua. Para evitar la disgregación de los materiales del relleno hacia el filtro, se recomienda colocar una membrana geotextil de filtro entre ambos materiales, también podrán utilizarse filtros en la plantilla cuando exista el riesgo de los efectos de subpresión producto del empuje provocado por el nivel máximo del manto freático. Es importante utilizar escotaduras y drenes en los muros o estructuras vertedoras de los tanques, a fin de que los escurrimientos presentados en lluvias mínimas o ligeras, puedan desalojarse sin necesidad de que la estructura se encuentre trabajando a través del sistema de vertido para el cual fue diseñado. De igual forma los tanques desarenadores deberán contar con una rampa estriada a base de concreto armado, por la cual se le dará acceso a equipo y maquinaria para realizar trabajos de limpieza y desazolve cuando así se requiera.

Por último deberá realizarse la revisión del sistema de evacuación y/o vertido de la estructura retenedora, para lo cual podrán utilizarse las fórmulas de vertedores y una revisión para determinar la carga hidráulica requerida para poder realizar el desalajo de manera favorable.

GAVIONES

Los gaviones al igual que los tanques desarenadores son estructuras que ayudan a mitigar los problemas de azolves hacia las zonas bajas de las cuencas, los gaviones pueden ser construidos a base de estructuras de concreto armado, concreto ciclópeo, mampostería y mediante jaulas de acero rellenas de piedra, de acuerdo a las siguientes especificaciones, las rocas deberán ser de piedra triturada de 10 a 30 cm de diámetro, con un peso de 1750 kg/m^3 y una absorción de 4.5% máxima, serán fabricados con malla metálica de triple torsión, de alambre metálico de acero dulce ASTM 641-32 clase 3 galvanizado calibre No. 12 ½ (2.40 mm) y reforzados en sus aristas con alambre de acero dulce ASTM 641-32 clase 3 galvanizado calibre No. 3 (3.40 mm). En cualquiera de sus modalidades estas estructuras ofrecen garantías respecto a su funcionalidad y comportamiento, sin embargo, los gaviones a base de jaulas metálicas se recomienda su utilización únicamente como estructura de soporte sobre los taludes de los cauces, ya que de manera perpendicular al eje de los cauces resultan estructuras vulnerables al desplome, por el resultado de la fricción y choque de los boleos que son arrastrados al presentarse una avenida.

También es de suma importancia considerar drenes sobre el muro del gavión, para abatir los escurrimientos presentados en lluvias mínimas o ligeras, y que puedan desalojarse sin necesidad de que la estructura se encuentre trabajando a través del sistema de vertido para el cual fue diseñado. Dentro de su concepción deberá considerarse una franja de fácil accesibilidad para habilitar una rampa de mantenimiento y poder realizar trabajos de desazolve cuando así se requiera.

La capacidad y el funcionamiento hidráulico de los gaviones puede calcularse de la misma forma en que se revisa un tanque desarenador, se identifica el sitio, se realizan los

trabajos de campo y gabinete necesarios (topografía a detalle, geotecnia, mecánica de suelos y análisis estructural), se determinan los volúmenes máximos estimados de azolve que pueden generarse aguas arriba de cada sitio propuesto conforme a la ecuación universal de pérdida de suelo y se analiza hidráulicamente el vertedor.

VERTEDORES

Los vertedores son estructuras sobre las cuales fluye el agua cuando el represo se desborda, su función es mantener el vaso de captación en un nivel segura para la estructura de retención, descargando el exceso de agua. El tamaño del vertedor de diseño para que sea capaz de descargar el volumen de agua que corresponda al nivel de la creciente máxima proyectada. La forma geométrica que comúnmente pueden presentar este tipo de estructuras son: rectangular, triangular, circular y trapezoidal.

Vertedor rectangular.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = CLH^{1.5}$$

Donde:

- Q = Gasto de descarga en m³/s
- C = Coeficiente igual a 1.84 (cresta aguda) y 1.44 (cresta extendida)
- L = Longitud de la cresta en metros
- H = Tirante por encima de la cresta en metros

Vertedor triangular.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = CH^{2.5}$$

Donde:

- Q = Gasto de descarga en m³/s.
- C = 1.38 tan (C = Ø/2).
- Ø = Angulo en grados.
- H = Tirante por encima de la cresta en metros.

Vertedor circular.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = CA(H^{0.5})$$

Donde:

- Q = Gasto de descarga en m³/s.
- C = Coeficiente igual a 1.84.
- A = Área hasta el tirante en m².
- H = Tirante por encima de la cresta en metros.

Vertedor trapezoidal.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = 3.1(B + 0.8H_z)H^{1.5}$$

Donde:

- Q = Gasto de descarga en ft³/s
- B = Base de la cresta en pies
- H_z = Tirante de energía del flujo del agua en pies
- H = Tirante por encima de la cresta en pies

Las fórmulas de vertedores antes descritas se derivan del manual de diseño de drenaje urbano emitido por el U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.

4.5.4.- ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN Y DETENCIÓN

4.5.4.1.- DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN

4.5.4.1.1.- LAGUNA DE RETENCIÓN

La laguna de retención es una estructura que permite que el agua captada durante una tormenta se almacene con el propósito de que, parte de este volumen, se integre al sistema de agua subterráneo infiltrándose en el suelo hasta alcanzar el nivel freático y otra parte, se pierda por evaporación.

La construcción de esta estructura deberá estar justificada por la imposibilidad de conectarse con el sistema de drenaje pluvial para disponer de los volúmenes de agua captados durante una tormenta de diseño de período de retorno y deberá ser autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

La ubicación de la laguna queda condicionada a la opinión técnica del uso del suelo de la Autoridad Municipal.

4.5.4.1.2.- LAGUNA DE DETENCIÓN

Obra cuya función es detener de forma temporal volúmenes de agua precipitados durante una tormenta, de tal forma que sean descargados de forma gradual después de que se alcanza el volumen de escurrimiento máximo (caudal pico) en el sistema pluvial. El tiempo de detención en la laguna y el caudal al que serán vertidos al sistema pluvial deben ser parte de las variables de diseño.

En este procedimiento es preciso que se establezca mediante el uso del método racional e hidrogramas el tiempo mínimo requerido para detener el volumen de agua captado y el caudal que será vertido en función de la duración de la tormenta de diseño.

La construcción de esta estructura deberá estar justificada por la falta de capacidad del sistema pluvial más cercano para conducir el caudal captado en el área drenada y deberá ser autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

La ubicación de la laguna queda condicionada al dictamen técnico de uso del suelo de la Autoridad Municipal. Debiendo evitarse la colindancia con predios de uso habitacional.

En Ambos casos, el predio ocupado por la infraestructura pluvial (lagunas de retención o detención), deberá ser donado con todas sus accesiones libre de gravámenes y responsabilidades a favor de la Autoridad encargada del sistema pluvial.

Una vez terminado y recibido el sistema pluvial, quedará la operación, conservación y resguardo a cargo de la **Autoridad Correspondiente**.

4.5.4.2.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE RETENCIÓN

La laguna consiste de tres elementos principales que son:

- a).- **La alimentación.** Esta podrá constar de uno o varios elementos constructivos: superficiales o subterráneos; las superficiales deberán ser canales revestidos con lavaderos. En el caso de alimentación subterránea los conductos no deberán quedar ahogados al descargar en la laguna, es decir, no se permite que el agua se almacene en los conductos.
- b).- **Laguna.-** El volumen de almacenamiento máximo será como mínimo el volumen captado por el área drenada durante una tormenta de diseño para un período de retorno de 100 años y una duración de 24 horas.

Profundidad máxima de la laguna de almacenamiento no deberá exceder 1.5 m de profundidad de tirante de agua para el volumen máximo almacenado.

El tiempo de retención del agua en la laguna no debe de superar los 20 días; ya que a partir de este tiempo se genera fauna nociva para la población. De no alcanzarse ese tiempo de vaciado porque la tasa de infiltración y/o evaporación no lo permiten, la laguna debe ser vaciada mediante bombeo.

Talud. La pendiente del talud deberá como mínimo a 4:1 por conservación, acceso y seguridad.

Cerco perimetral. Con el objeto de evitar la entrada de personas no autorizadas y aumentar la seguridad de la laguna, ésta deberá contar con un cerco perimetral de malla y una puerta de acceso con rampa vehicular controlado con candado.

- c) **Descarga de emergencia.-** La laguna deberá contar con un conducto de salida con capacidad para desalojar el gasto máximo, para una precipitación con período de retorno como mínimo 100 años.

Deberá dejarse instalada la tubería del colector de descarga hasta el límite del predio o poligonal, siendo la cota de descarga la indicada por la **Autoridad Correspondiente** de acuerdo con su Planeación, para la futura conexión al sistema pluvial de la zona.

4.5.4.2.1.- CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

La tasa de infiltración depende de la textura del suelo, contenido de humedad inicial, contenido de humedad de saturación, cobertura vegetal, uso del suelo, aire atrapado,

lavado de material fino, compactación y temperatura, entre otros; ésta debe ser evaluada por medio, de al menos, tres métodos en cada sitio:

- a) De forma superficial con el método de doble anillo (Norma: ASTM D3385-94).
- b) Pruebas tipo slug-test en al menos 3 niveles de profundidad.
- c) In situ. Mediante pruebas de permeabilidad a carga variable en laboratorio a núcleos de suelo tomadas a las mismas profundidades que las pruebas slug-test.

La cobertura de los sitios depende de la continuidad de los estratos de la zona, deberán realizarse como mínimo 2 sitios de prueba en 100 m² de piso de la laguna y un sitio de prueba por cada 1000 m² o fracción adicional. Los ensayos deben realizarse en el nivel del piso de la laguna.

Es necesario evaluar mediante un sondeo la profundidad del nivel freático y considerar ésta en la estimación de la capacidad de infiltración.

La tasa de infiltración obtenida de los tres tipos de ensayos de permeabilidad del suelo, debe asegurar que los volúmenes a infiltrar puedan ser desalojados en 20 días máximos.

4.5.4.2.2.- INTENSIDAD DE EVAPORACIÓN

Se deberá evaluar el volumen de agua evaporado máximo en la zona, por alguno de los métodos siguientes: mediante mediciones de evaporación directas (tanque tipo A), estimaciones indirectas por algún esquema de aproximación o por registros históricos cercanos a la zona.

4.5.4.3.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE DETENCIÓN

La laguna consiste de tres elementos principales que son:

- a).- **La alimentación.** Esta podrá constar de uno o varios elementos constructivos superficiales o subterráneos; las superficiales deberán ser canales revestidos con lavaderos. En el caso de alimentación subterránea los conductos no deberán quedar ahogados al descargar en la laguna, es decir, no se permite que el agua se almacene en los conductos.
- b).- **Laguna.** El volumen de almacenamiento máximo será como mínimo el volumen captado drenado por el área durante una tormenta de diseño para un período de retorno de 50 años y una duración de 24 horas.

Profundidad máxima de la laguna de almacenamiento no deberá exceder 0.90 m de profundidad de tirante de agua para el volumen máximo almacenado.

El tiempo de retención del agua en la laguna no debe de superar los 20 días; ya que a partir de este tiempo se genera fauna nociva para la población. De no alcanzarse ese tiempo de vaciado porque las tasas de infiltración y/o evaporación no lo permiten, la laguna debe ser vaciada mediante bombeo.

Talud. La pendiente del talud deberá como mínimo a 4:1 por conservación, acceso y seguridad.

Cerco perimetral. Con el objeto de evitar la entrada de personas no autorizadas y aumentar la seguridad de la laguna, ésta deberá contar con un cerco perimetral de malla y puerta de acceso con rampa vehicular controlada con candado.

- c) **Descarga.**- La laguna deberá contar con un conducto de salida con capacidad para desalojar el gasto máximo, para una precipitación con período de retorno como mínimo 100 años.

4.5.4.3.1.- ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN ALMACENADO

El volumen máximo almacenado ($V_{máx}$), por lo cual las dimensiones de la laguna dependen de:

- El volumen total captado por el área de drenada.
- El caudal pico de entrada a la laguna de detención.
- El caudal de salida hacia el sistema pluvial.

a) EL VOLUMEN TOTAL CAPTADO POR EL ÁREA DE ESCURRIMIENTO

Este volumen debe ser estimado mediante la siguiente fórmula:

$$V_t = h_e (A)$$

Donde:

V_t = Volumen máximo almacenado, (m^3).

h_e = Altura de la precipitación efectiva para una tormenta con período de retorno dado, (m).

A = Área de escurrimiento, (m^2).

b) EL CAUDAL PICO DE ENTRADA A LA LAGUNA DE DETENCIÓN

Para estimar este caudal se recomienda la utilización de hidrogramas sintéticos, de entre los cuales, la aplicación del Hidrograma Triangular Unitario se describe a continuación:

$$q_p = 0.208 \frac{A}{t_p}$$

Donde:

q_p = Caudal pico, ($m^3/s/mm$).

t_p = Tiempo pico, en horas.

A = Área de escurrimiento, (km^2).

El tiempo pico del hidrograma puede ser calculado como:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c$$

Donde:

t_p = Tiempo de concentración, en horas.

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Este es un procedimiento para conocer la relación lluvia-escorrimento necesaria para reducir la avenida de diseño, cuando la cuenca de estudio no dispone de control hidrométrico.

Primeramente se definen las características de la cuenca y la tormenta de diseño, enseguida se cuantifican la lluvia en exceso, se determinan las características del Hidrograma Triangular Unitario a utilizar y con ellos se hace la integración de la avenida de diseño.

1) TORMENTA DE DISEÑO, OBTENCIÓN DEL HIETOGRAMA.

- Se definen las características de la subcuenca hasta el punto de interés, área, coeficiente de escurrimiento y tiempo de concentración, así como el período de retorno a utilizar.
- Se define la duración de la tormenta, la cual puede considerarse de 2 a 3 veces el tiempo de concentración de la subcuenca analizada a manera de garantizar el pico de la avenida. También se recomienda utilizar una duración total igual al tiempo de concentración total de la cuenca hasta la salida y que en caso del río Tijuana sería hasta su descarga al mar, sin embargo, para este caso particular, como las subcuencas son en general de extensión pequeña, el tiempo de pico se alcanza mucho antes de esa duración total. Por ello, se sugiere la primera opción analizando en todo caso 2 o 3 duraciones diferentes superiores al tiempo de concentración particular de cada subcuenca.
- Enseguida se divide la duración de la tormenta en intervalos constantes, por lo regular se recomiendan 4 partes, deduciéndose en forma redondeada el intervalo del tiempo del análisis.
- Con este intervalo, aceptándolo en forma acumulada, se obtiene el correspondiente valor de la altura de lluvia medio total, ello mediante la expresión que permita obtener la lluvia como función de una duración y período de retorno. Dicha expresión para obtener la altura de precipitación ya fue descrita en el apartado 2.3 de este documento.

Para el cálculo de hietogramas tenemos la siguiente expresión:

$$H_p_{tr,i} = \frac{K_{24} i^{0.025}}{0.25}$$

Donde:

$H_p_{tr,i}$ = Altura de precipitación acumulada en mm, para el período de retorno seleccionado y el intervalo de tiempo acumulado.

K_{24} = Factor función del período de retorno.

$i^{0.025}$ = Intervalo de tiempo acumulado en hora, es decir, si la duración de la lluvia se dividiera en 4 intervalos, entonces i valdrá: $d/4$, $d/2$, $3d/4$ y d , donde "d" es la duración de la tormenta redondeada.

- Se obtienen los incrementos de altura de lluvia por cada intervalo.
- Dado que el análisis de las curvas de nivel se hace en base a la duración total seleccionada de la tormenta, en ocasiones las alturas de lluvia deducidas para cada intervalo se requieren ordenar en forma lógica a como se presenta una lluvia, es recomendable situar primero el menor incremento de lluvia y enseguida los incrementos de mayor a menor, bajo la hipótesis de que el segundo incremento es el de mayor altura. Los incrementos de lluvia ordenados corresponden a las ordenadas del hietograma.

La siguiente relación muestra el ordenamiento de cálculo para la obtención del hietograma, considerando que la duración de la tormenta (d) se ha dividido en 4 intervalos de análisis.

Intervalo de análisis	Duración de análisis (hr)	Altura de lluvia media total (mm)	Incremento de lluvia		
			Mayor a menor	Hietograma	Hei
$T = d / 4$	$I = d / 4$	$h_{pi} = h_{ptr}, d/4$	$h_1 = hp_1$	$H_4; (h_4 < h_1)$	$he_1 = C h_4$
$T = d / 4$	$I = d / 2$	$h_{pi} = h_{ptr}, d/2$	$h_2 = hp_2 - hp_1$	$H_1; (h_1 > h_2)$	$He_2 = C h_1$
$T = d / 4$	$I = 3d / 4$	$h_{pi} = h_{ptr}, 3d/4$	$h_3 = hp_3 - hp_2$	$H_2; (h_2 > h_3)$	$He_3 = C h_2$
$T = d / 4$	$I = d$	$h_{pi} = h_{ptr}, d$	$h_4 = hp_4 - hp_3$	H_3	$He_4 = C h_3$

El hietograma así definido es el insumo básico para la relación lluvia escurrimiento mediante el hidrograma triangular unitario. La última columna corresponde a la lluvia en exceso, calculada conforme al siguiente inciso.

2) LLUVIA EN EXCESO.

La lluvia en exceso se define como la parte de la lluvia que contribuye al escurrimiento superficial rápido.

Los factores que afectan directamente a la cantidad de lluvia en exceso o escurrimiento directo son: el uso de la tierra; condición de la superficie; tipo de suelo; y cantidad y duración de la lluvia.

Para tomar el efecto de estos factores se tiene el coeficiente de escurrimiento C para cuencas naturales, suburbanas o urbanas; coeficientes ponderados según los diferentes usos del suelo.

- Lluvias en exceso en base al coeficiente de escurrimiento C .

Para este caso, la lluvia en exceso se calcula como:

$$H_e = C h_p$$

Donde:

H_e = Lluvias en exceso, en cm o mm.

h_p = Lluvia total, en cm o mm.

C = Coeficiente de escurrimiento ponderado según el uso del suelo.

Para las barras del hietograma,

$$h_i = C h_{pi}$$

Donde:

h_{pi} = Lluvia correspondiente al intervalo i del hietograma, en cm o mm.

3) HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR (HUT).

Las ecuaciones características del modelo lluvia escurrimiento correspondiente al HUT, (ver figura) son:

$$t_p = 0.60 t_c (\Delta t/2)$$

$$Q_p = 0.556 (h_e/n)(A/t_p)$$

$$T_b = n t_p$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración, en horas.

Δt = Intervalo de análisis, en horas.

A = Área de la cuenca, en km^2 .

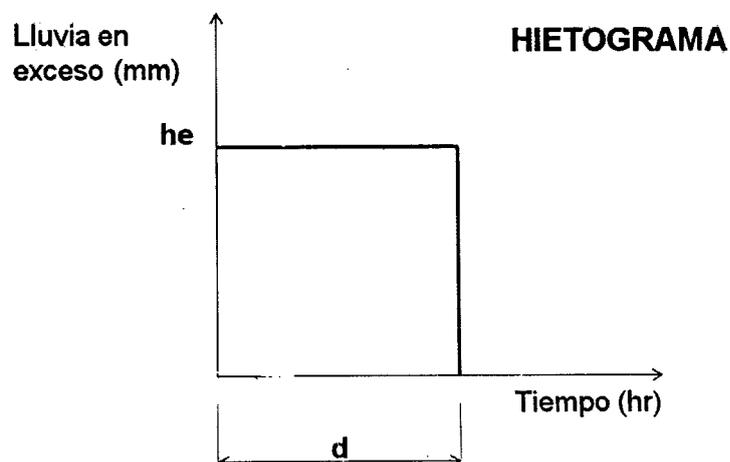
h_e = Lluvia en exceso, en mm.

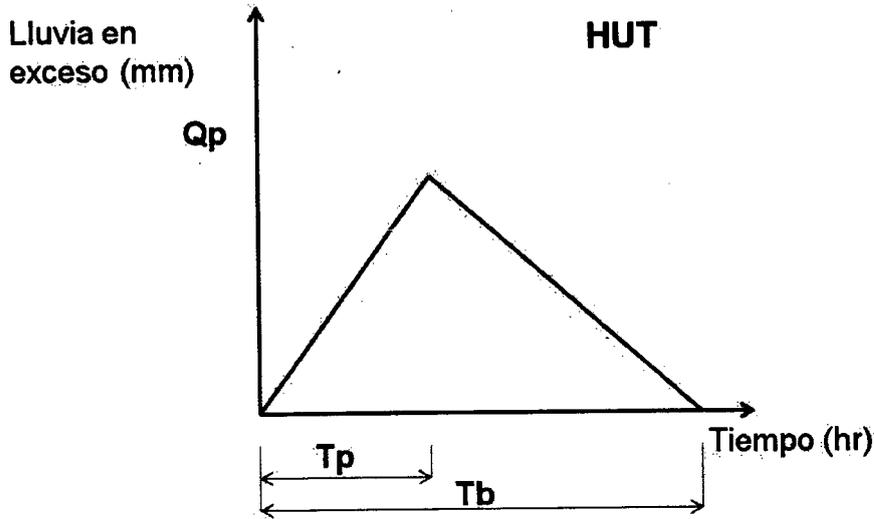
n = Parámetro en función del tamaño de cuenca, que vale 2 hasta un área de cuenca de 250 km^2 a partir de donde se incrementa. Para las subcuencas de Tijuana, se mantiene en 2.

Q_p = Gasto pico, en m^3/s

t_p = Tiempo pico, en horas.

T_b = Tiempo base, en horas.



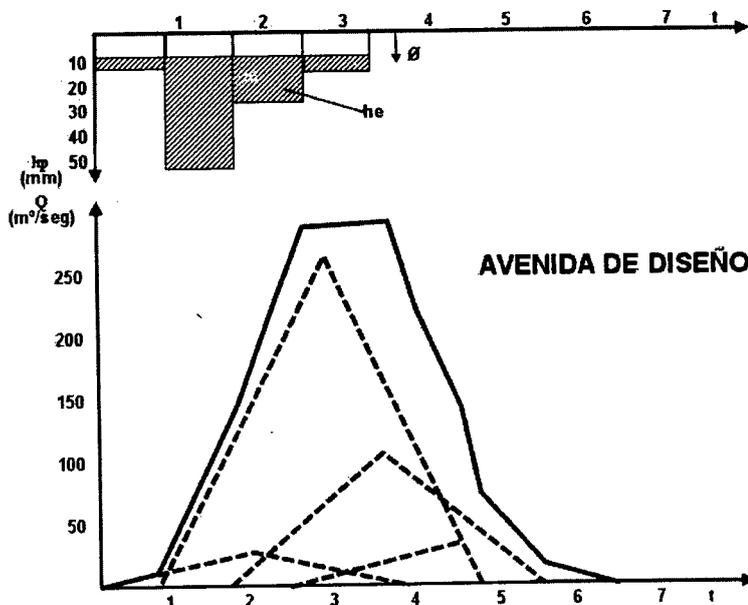


Este hidrograma se aplica a cada uno de los intervalos de tiempo considerados, para lo cual, observando que se tiene 4 intervalos de análisis, puede construirse la siguiente tabla:

HIETOGRAMA		HIDROGRAMA TRIANGULAR			
Δt (hr)	he (mm)	Qp	Tiempo en horas		
			Inicio	Pico	Fin
d / 4	he1	Qp1	0	tp1	tb1
d / 4	he2	Qp2	d/4	tp2	tb2
d / 4	he3	Qp3	3d/4	tp3	tb3
d / 4	he4	Qp4	d	tp4	tb4

4) HIDROGRAMA DE LA AVENIDA RESULTANTE.

Se obtienen mediante la superposición y suma de los hidrogramas asociados a cada intervalo de tiempo, mismos que se encuentran desfasados según el tiempo de inicio de cada uno de ellos.



c) EL CAUDAL DE SALIDA HACIA EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

El caudal máximo de salida del agua hacia el sistema pluvial será aprobado por la Autoridad Correspondiente que opere dicho sistema y deberá ser utilizado por el proyectista para estimar el volumen máximo almacenado.

No obstante el caudal será variable en el tiempo ya que la laguna se llenará en función del hidrograma de la tormenta. Esta variación del caudal de salida debe ser calculada en función de las características hidráulicas de la descarga que se desee utilizar, se recomienda utilizar un hidrograma sintético para su estimación.

4.5.4.3.2.- EI VOLUMEN MÁXIMO DETENIDO EN LA LAGUNA (V_{\max})

El volumen máximo esperado en la laguna depende del caudal de entrada y del caudal de salida considerando que el caudal de entrada corresponde a un hidrograma triangular unitario y que el de salida corresponde a un hidrograma trapezoidal, se obtiene la siguiente expresión, en la que no se requiere especificar el número ni el tipo de descarga de la laguna (Abt y Grigg, 1978).

$$V_{\max} = V_t \left(1 - \frac{q_{p\text{-sal}}}{i_p} \right)^2$$

Donde:

V_{\max} = Volumen detenido máximo, (m³).

V_t = Volumen captado por la laguna, (m³).

$q_{p\text{-sal}}$ = Gasto de salida máximo deseado, (m³/h).

i_p = Intensidad de la precipitación para un período de retorno de 50 años, (mm/h).

5.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ejecutivo de alcantarillado pluvial, estará integrado como mínimo, por los siguientes conceptos y con aquellos que le sean indicados por la **Autoridad Correspondiente**:

- 1.- Memoria técnico descriptiva.
- 2.- Memoria de cálculo.
- 3.- Planos impresos.
- 4.- Especificaciones de materiales y procesos constructivos.
- 5.- Volúmenes de obra con números generadores y presupuesto base.
- 6.- Datos de campo.
- 7.- Respaldo digitalizado.

La presentación del proyecto deberá cumplir con las condicionantes de forma y contenido requeridas por la Autoridad correspondiente.

5.1.- MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA

Se describirá el proyecto en forma resumida, indicando como mínimo:

- La localización del predio a desarrollar y datos generales de ubicación, las colindancias, superficie, clave catastral y usos de suelo actual y características de construcción; desglosando las superficies servidas de uso habitacional, comercial y/o industrial.
- La configuración topográfica y las características geotécnicas del terreno.
- Los elementos que integran el sistema pluvial propuesto.

En caso de que las obras resultantes de los proyectos, tengan que cruzar derechos de paso de otras instalaciones (ferrocarril, carreteras, canales, drenes, gas, teléfonos, electricidad, alumbrado público, etc.), se deberá realizar ante la **Autoridad Correspondiente**, el trámite de aprobación de los proyectos de cruce e incluir dicha aprobación en el expediente.

Además se anexarán copias de la factibilidad de servicios y del anteproyecto geométrico del desarrollo autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

Asimismo cuando se tengan afectaciones a propiedades privadas, se deberán realizar los convenios respectivos y anexar copia de los mismos, previamente a la ejecución de las obras necesarias.

5.2.- MEMORIA DE CÁLCULO

La memoria de cálculo estará conformada por el análisis hidrológico y el análisis hidráulico.

En el análisis hidrológico se describirá la metodología y los parámetros hidrológicos utilizados, posteriormente se presentarán los cálculos y análisis correspondientes en forma tabular debidamente referidos a los planos hidrológicos, tales como:

- a).- Longitud del cauce, propia y acumulada, en metros.

- b).- Delimitación de la Cuenca para determinar el área tributaria, propia y acumulada, en m^2 .
- c).- Pendiente media, en decimales.
- d).- Tiempo de concentración, en horas.
- e).- Altura de precipitación, en milímetros.
- f).- Intensidad de lluvia, en mm/hr.
- g).- Gasto de diseño, en m^3/s .

En el análisis hidráulico se describirá la metodología y se desarrollarán los cálculos y análisis correspondientes de todas las obras de captación y conducción ya sean resueltas de forma superficial, a cielo abierto y/o de forma subterránea. Dichos cálculos deberán presentarse de forma tabular y deberán estar debidamente referidos al plano de Solución Pluvial, siendo éstos los que se enumeran a continuación:

- a).- Identificación del tramo entre pozos o registros, de acuerdo a croquis.
- b).- Área tributaria, propia y acumulada, en hectáreas, de acuerdo a croquis.
- c).- Longitud del tramo, en metros, de acuerdo a croquis.
- d).- Tiempo de ingreso, recorrido y concentración, en horas.
- e).- Intensidad de lluvia, en mm/ h.
- f).- Gasto pluvial en m^3/s .
- g).- Pendiente en milésimas.
- h).- Diámetro de tubería o sección del canal en centímetros o metros.
- i).- Gasto (m^3/s) y velocidad (m/s) a tubo lleno o tirante en centímetros o metros y velocidad en m/s, a gasto máximo en canal.
- j).- Velocidad en m/s y tirante en centímetros o metros para condiciones normales.
- k).- Estructuras de captación (detalle, ubicación, etc.) y obras de drenaje (cunetas, contracunetas, lavaderos, bordillos, etc.).
- l).- Cálculo hidráulico de guarniciones y cunetas (obras de drenaje).
- m).- Rasantes de pavimento (pendientes longitudinales y transversales, solución de cruceros, etc.).
- n).- Obras Complementarias (alcantarillas, muros de contención, etc.).
- o).- Tirante real de trabajo en m.
- p).- Perímetro mojado en m.
- q).- Radio hidráulico en m.
- r).- Área hidráulica en m^2 .
- s).- Bordo libre en m (solo en canales y cajones pluviales).
- t).- Espejo de agua en m (solo en conductos superficiales y/o a cielo abierto).

En el caso de estructuras e instalaciones que requieran diseño estructural, mecánico y/o eléctrico, se elaborarán las memorias respectivas de acuerdo con los lineamientos de diseño vigentes.

También se presentará la revisión de las obras de captación, ya sean bocas de tormenta, bocas de tormenta mixtas y/o rejillas de piso, de acuerdo con lo establecido en el capítulo anterior.

En el caso de estructuras e instalaciones que requieran diseño estructural, mecánico y/o eléctrico, se elaborarán las memorias respectivas de acuerdo con los lineamientos de diseño vigentes.

5.3.- PLANOS

La presentación de los planos deberán cumplir con las condicionantes de forma y contenido requeridas por la Autoridad correspondiente, ver ANEXO APL-11.

5.3.1.- PLANOS DE LA RED Y/O SOLUCIÓN PLUVIAL

Se incluirá en este plano, la localización de los conductos de proyecto y afectaciones, servicios públicos existentes y de detalles (cruces con otras instalaciones), se deberá recabar ante cada **Autoridad Correspondiente**, en una planimetría con simbología, indicando la nomenclatura de pozos o registros.

En la línea que representa un tramo de conducto, se indicará su longitud en metros, con hasta dos decimales, su pendiente en milésimas con un decimal y el diámetro de la tubería o dimensión de la sección del conducto en centímetros, en el orden descrito y separando cada número por un guión. Por ejemplo; 130.30-3.5-107, significa que el tramo tiene una longitud de 130.30 metros, una pendiente longitudinal de 3.5 milésimas y un diámetro de 107 centímetros.

En los pozos o registros, se indicarán la elevación del terreno o rasante de pavimento y las elevaciones de plantilla del tubo o tubos concurrentes. Se indicará en forma de fracción, colocando en el lugar del numerador la del terreno natural y en el denominador la de la plantilla, además se anotará la profundidad y el número de pozo.

El plano de la red, incluirá croquis de localización, bancos de nivel ligado a referencias oficiales (Bancos GPS), orientación, escalas, datos de proyecto, simbología, volúmenes de obra, notas, secciones de vialidades indicando la ubicación de las tuberías existentes y de proyecto, detalles necesarios y pie de plano.

En las notas generales, se indicará lo siguiente: unidades del sistema métrico decimal utilizadas en elevación, acotaciones, etc., aclaraciones respecto a otros planos de referencia, observaciones y aclaraciones relativas a topografía, diseño, aspecto constructivo, de operación y conservación de la obra proyectada y además se hará referencia a los anexos de los detalles tipo.

En los datos de proyecto, se indicará como mínimo lo siguiente: método de diseño, fórmula utilizada, área tributaria, coeficiente de escurrimiento, período de retorno, tiempo de concentración, intensidad de lluvia, gasto pluvial, sitio de vertido, etc.

El pie de plano incluirá la identificación del proyecto, el predio en que se ubica, clave catastral, número del plano, contenido del plano, fecha de elaboración, cuadro de firmas del proyectista responsable, del propietario y de la **Autoridad Correspondiente** que autoriza el proyecto.

En la tabla de volúmenes de obra se anotarán los siguientes conceptos: longitud de conductos por tipo y diámetro.

Para los municipios de **MEXICALI** y **TECATE**: La ubicación de los conductos para alcantarillado pluvial será a 3.00 metros al Sur o al Oeste del eje de la vialidad (ver ANEXO APL-5), excepto cuando por condiciones topográficas o por estructuras existentes se requiera otra ubicación, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**: La ubicación de los conductos para alcantarillado pluvial será a 3.00 metros al Sur o al Este del eje de la vialidad (ver ANEXO APL-5), excepto cuando por condiciones topográficas o por estructuras existentes se requiera otra ubicación, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Además de lo anterior se deberá presentar planos hidrológicos, planos de rasantes, planos de estructuras especiales, así como planos de lotificación y nomenclatura aprobados por la autoridad correspondiente. Cuando así lo requiera podrán solicitarse perfiles y secciones transversales, ver ANEXO APL-12.1 y ANEXO APL-12.2.

El Proyectista Responsable del proyecto del alcantarillado pluvial deberá de contar con una cédula profesional estatal vigente, de una licenciatura o postgrado en que las materias involucren entre otras el alcantarillado pluvial como parte de los estudios cursados y además deberá contar con registro de responsable de Director de Proyecto certificado.

5.3.2.- PLANOS DE RASANTES

En lo relativo al pluvial, el plano de rasantes contendrá la representación de la superficie de las vialidades, en una planta con simbología, indicando en cada vialidad la sección tipo, la pendiente longitudinal y transversal, las elevaciones en eje y cunetas, dirección del escurrimiento en cunetas así como su elevación y la localización de bocas de tormenta, así como detalles de las guarniciones propuestas.

En la línea que representa el eje de la vialidad, se indicará el cadenamamiento en metros, las pendientes longitudinal y transversal o bombeo en milésimas con un decimal.

El plano de rasantes, incluirá croquis de localización, bancos de nivel ligados a referencias oficiales (Bancos GPS), orientación, escalas, simbología, notas, secciones de vialidades, detalles necesarios y pie de plano.

El pie de plano incluirá la identificación del proyecto, el predio en que se ubica, clave catastral, número del plano, contenido del plano, fecha de elaboración, pies de firma del proyectista responsable, del propietario y de la **Autoridad Correspondiente** que autoriza el proyecto.

5.3.3.- PLANOS DE ESTRUCTURAS ESPECIALES Y DETALLES

Se incluirán todos los detalles de las obras de control, retención, captación, conducción y descarga propuesta, las cuales estarán debidamente referidas al plano de red y/o solución pluvial.

En el caso de estructuras e instalaciones que requieran diseño estructural, mecánico y/o eléctrico, los planos deberán contener la planta de conjunto, la geometría, el proyecto estructural, mecánico y/o eléctrico y especificaciones particulares de construcción y operación.

Las líneas de conducción por bombeo se representarán en planta y perfil, en donde se indicarán la línea piezométrica, con la línea de sobrepresión y subpresión resultante del análisis de los fenómenos transitorios y deberá incluir el perfil de la plantilla de las tuberías con pendientes, ángulos verticales, localización de válvula de admisión y expulsión de aire (VAYEA) y desfuegos. En la línea piezométrica se incluirán los datos

referentes al gasto, velocidad, pendiente y coeficiente de rugosidad de la tubería; además el perfil indicará el diámetro, longitud, material y clase de ésta; detalle de cruces con otras tuberías, con carreteras, vías de ferrocarril, ríos, arroyos o canales; atraques, protección en arroyos en caso necesario, sección de zanja, etc.

5.3.4.- PLANO DE HIDROLOGÍA.

Se incluirá la delimitación a detalle de las áreas tributarias que inciden al desarrollo, ya sean internas o externas al mismo, indicando en cada una de ellas los nodos y tramos de análisis correspondientes con nomenclatura.

Se representará con una línea de flechas el sentido del escurrimiento en cada área tributaria, a fin de facilitar la lectura del plano.

El plano incluirá un cuadro de relación de superficies de todas las áreas tributarias indicando unidad de medida, curvas de nivel de proyecto para las áreas internas y curvas de terreno natural para las áreas externas, sembrado del desarrollo, polígono, norte, croquis de localización, escala, datos de proyecto, simbología, notas técnicas y pie de plano.

En los datos de proyecto se indicara como mínimo lo siguiente: método de diseño, fórmula utilizada, área total tributaria, coeficiente de escurrimiento, periodo(s) de retorno, tiempo de concentración, intensidad de lluvia, gasto de diseño y sitio de vertido final.

El pie de plano incluirá la identificación del proyecto, el predio en que se ubica, clave catastral, numero de plano y contenido, fecha de elaboración, cuadro de firmas del proyectista responsable, del propietario y de la **Autoridad Correspondiente** que autoriza el proyecto.

5.3.5.- PLANO DE CURVAS DE NIVEL.

Se incluirá la configuración topográfica de terreno natural y de proyecto, representándose mediante curvas de nivel a una distancia equidistante de manera legible y resaltando de forma clara dicha configuración, marcando una línea de curva de nivel a cada 5 con su elevación correspondiente.

El plano incluirá el sembrado del desarrollo, polígono, norte, bancos de nivel ligados al sistema de coordenadas oficial, croquis de localización, escala, simbología, notas técnicas y pie de plano.

El pie de plano incluirá la identificación del proyecto, el predio en que se ubica, clave catastral, numero de plano y contenido, fecha de elaboración, cuadro de firmas del proyectista responsable, del propietario y de la **Autoridad Correspondiente** que autoriza el proyecto.

5.4.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Se anexarán especificaciones en forma resumida, de los materiales y procesos constructivos que intervienen en el proyecto, tales como excavación, plantilla, colocación y prueba de tubería, rellenos, tuberías, pozos y registros de visita, bocas de tormenta, estructuras de descarga, concreto, acero de refuerzo, equipos para bombeo, instalación eléctrica y/o mecánica, etc.

Cuando el material propuesto no sea de uso común, se anexarán las normas, catálogos y especificaciones respectivas.

Los procedimientos constructivos no convencionales, deberán ser aprobados previamente por la **Autoridad Correspondiente**.

Si un material o proceso constructivo está considerado en alguno de los ANEXOS TÉCNICOS en las presentes Normas, se hará referencia a las mismas.

5.5.- VOLÚMENES, GENERADORES DE OBRA Y PRESUPUESTO BASE

Se integrará un catálogo de volúmenes de obra del sistema pluvial, que incluya todos los conceptos de los elementos que resulten, referentes a mano de obra y materiales; especificando de éstos últimos, las características propias, relacionadas con tuberías, equipos, estructuras, etc., con cantidades de obra y presupuesto base del proyecto.

Se hará un resumen considerando por separado cada una de las redes que se tengan, incluyendo su emisor, obra de vertido y estructuras especiales en su caso.

Para la elaboración del presupuesto, en lo relativo a las profundidades de las excavaciones y plantillas en zanja para la instalación de tuberías y a las profundidades de los pozos de visita común, especiales y pozos caja, se atenderán las especificaciones de los **ANEXOS TÉCNICOS** correspondientes de las presentes Normas Técnicas.

6.- CONSTRUCCIÓN

La construcción de las obras pluviales deberá llevarse a cabo mediante un responsable de obra, el cual vigilará que los materiales y procedimientos de construcción sean los indicados en los planos de proyecto y en las Normas de Construcción vigentes.

Si en el proceso de la obra es necesario modificar el proyecto, se deberá de notificar a la Autoridad Correspondiente y presentar la propuesta para su revisión y autorización. Una vez terminada la obra, el responsable de obra presentará a la **Autoridad Correspondiente** los planos de obra terminada.

El responsable de la obra tendrá a su cargo la bitácora de obra, bajo la vigilancia y coordinación de la **Autoridad Correspondiente**, en la cual se indicará lo relacionado con la construcción, el avance de obra, las pruebas de los materiales y procedimientos de construcción así como las indicaciones que se dirijan al contratista y a la supervisión de la **Autoridad Correspondiente**.

7.- ÍNDICE DE TABLAS

No.	CONTENIDO
TABLA 1	.-VALORES DEL COEFICIENTE "C", PARA ZONAS URBANIZADAS.....
TABLA 2	.-VALORES DEL COEFICIENTE "C", PARA ZONAS NATURALES
TABLA 3	.-VALORES DEL PERIODO DE RETORNO (Tr)
TABLA 4	.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO MEXICALI B.C.
TABLA 5	.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO Y PUERTO DE SAN FELIPE MUNICIPIO DE MEXICALI, B. C.....
TABLA 6	.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO MEXICALI B. C.....
TABLA 7	.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO Y PUERTO DE SAN FELIPE MUNICIPIO DE MEXICALI, B. C.....
TABLA 8	.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C.
TABLA 9	.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO DE SAN QUINTÍN, MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.
TABLA 10	.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C.
TABLA 11	.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DEL POBLADO DE SAN QUINTÍN, MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.
TABLA 12	.-INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, B.C.
TABLA 13	.-ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, B.C.
TABLA 14	.-CÁLCULO DE LOS VALORES DE HP24HR Y K24 PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO.
TABLA 15	.-COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.....
TABLA 16	.-VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS
TABLA 17	.-ANCHO DE ZANJA b EN cm.
TABLA 18	.-ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN A GRAVEDAD.
TABLA 19	.-PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA, VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL MATERIAL DE LA TUBERÍA.
TABLA 20	.-PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN PARA CAÍDAS DE 0.070 kg/cm ² , VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA.....
TABLA 21	.-DERECHO DE PASO
TABLA 22	.-COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING Y VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES
TABLA 23	.-TALUD EN CANALES.....
TABLA 24	.-BORDO LIBRE EN CANALES.....
TABLA 25	.-PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA
TABLA 26	.-CONDICIONES ATMOSFÉRICAS APROXIMADAS SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR
TABLA 27	.-TIEMPO DE ARRANQUE DE MOTORES
TABLA 28	.-COEFICIENTE DE RUGOSIDAD C DE HAZEN - WILLIAMS y n DE MANNING.....
TABLA 29	.-TIPO Y ESPECIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS A PRESIÓN
TABLA 30	.-FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TEXTURA DEL SUELO
TABLA 31	.-FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TIPO DE SUELO
TABLA 32	.-FACTOR DE CULTIVO C PARA ÁREAS DE CULTIVO
TABLA 33	.-FACTOR DE CULTIVO C PARA PASTIZALES (Grass), TERRENOS EN DESCANSO Y FORESTALES (Wood).....
TABLA 34	.-FACTOR DE CULTIVO C PARA BOSQUES
TABLA 35	.-FACTOR DE PRÁCTICA DE CONTROL DE LA EROSIÓN P.

8.- TERMINOLOGÍA

A

Acotamiento. Franja comprendida entre la orilla de la superficie de rodamiento y la orilla de la corona de un camino.

Ademe. Estructura para contener los empujes del terreno que se originan al realizar una excavación o perforación. Sostenimiento provisional de muros o techos.

Agua de lluvia. Es la proveniente de precipitaciones pluviales que caen en la calle, techos y patios de las casas, etc. y que pueden o no canalizarse por el sistema de alcantarillado pluvial.

Aguas abajo. Dirección o sentido en el que escurre el agua.

Aguas arriba. Dirección o sentido contrario al flujo del agua.

Aguas broncas. Son las originadas por precipitaciones pluviales de gran intensidad que escurren desde las zonas altas de una cuenca adquiriendo velocidades altas al escurrir en tramos de gran pendiente ocasionando daño en la parte baja de zonas pobladas.

Alcantarilla. Conducto cubierto que cruza una corriente de agua, canal, camino vía del ferrocarril u otro conducto.

Alcantarillado pluvial. Sistema de conductos para alejar las aguas de lluvia en los centros urbanos.

Aluvi6n. Dep6sito de sedimentos acarreados por corrientes de agua.

ANSI. American National Standards Institute.

Aplanado. Recubrimiento con mortero para proteger superficies.

Arcilla. Producto de la descomposici6n qu6mica de las rocas con part6culas laminares de tama1o menor a 0.074 mm., plasticidad seg6n SUCS tal que el $Ip > 4$ y se ubique arriba de la l6nea "A" de la carta de plasticidad.

Área de aportaci6n. Se denomina as6 al 6rea de la cuenca o de la zona que aporta agua de lluvia por eliminar por un determinado tramo del subcolector, integrada por dos 6reas; la llamada propia y la tributaria.

Área hidr6ulica. Superficie de la secci6n transversal de un conducto a trav6s de la cual fluye el agua.

Área propia. Es la inmediata al tramo del subcolector de las cuales las aguas pluviales se incorporan a aqu6l directamente por medio de las bocas de tormenta.

Área tributaria. Es al 6rea m6s alejada del tramo que la propia, cuyas aguas canalizadas o no por medio de tuber6as concurren al tramo mencionado en el pozo de visita ubicado aguas arriba.

Arena. Producto de la desintegración o trituración de las rocas con partículas de tamaño entre 0.074 y 4.76 mm.

Arrastre. Material sólido que transporta una corriente natural o artificial y que puede ser de fondo o en suspensión.

Asentamiento. Hundimiento de un suelo bajo su propio peso y por efecto de cargas que soporta. Proceso de ocupación de un área por seres humanos.

Atarjea pluvial. Es la tubería que se utiliza para conducir las aguas pluviales desde la estructura que los capta, a la cual se le llama boca de tormenta, hasta las tuberías denominadas subcolectores y colectores que las desaloja de la localidad.

Autoridad Correspondiente. Término que se utiliza para hacer referencia a los Organismos y Dependencias gubernamentales responsables de determinadas acciones, autorización, recepción, operación y/o construcción de alcantarillado pluvial en el municipio de Mexicali.

Avenida. Crecida extraordinaria de una corriente natural.

Azolve. Sedimentación de sólidos en corrientes naturales, embalses y conductos, que produce una reducción de su capacidad hidráulica. Sólidos transportados por una corriente de agua.

B

Banco con GPS. Vértice de control horizontal y vertical que sirve de referencia y en el cual sus coordenadas X, Y y Z fueron determinadas con equipo GPS (Global Position System).

Banco de nivel. Punto fijo con una cota definida que sirve como referencia topográfica.

Banqueta. Faja horizontal que limita la altura de un talud. Ampliación horizontal de los taludes de las cortinas de materiales graduados. Acera de las calles y avenidas.

Boleo. Fragmento de roca con tamaño mayor de 76.2 mm, con sus aristas redondeadas.

Bomba. Aparato para extraer, elevar o impulsar agua u otro fluido. Fragmento de lava mayor de 76.2 mm, proyectando al aire por un volcán.

Bombeo. Operación de elevar el agua o de retirarla de un área, por medio de equipos mecánicos. Sobre elevación del centro de una calzada, calle o avenida.

Bordo libre. Distancia vertical entre el NAME (nivel de aguas máximas extraordinarias) y el nivel de la corona.

Bordo. Terraplén de materiales sueltos o compactados.

Brida. Elemento de unión o de apoyo o remate entre tuberías y accesorios.

C

Caída. Diferencia de nivel entre dos puntos de la rasante de un canal. Trayectoria curva del flujo o al principio de un tanque amortiguador. Desnivel brusco en un curso de agua. De tensión, en electricidad, diferencia de voltaje entre extremos de una línea o circuito.

Canal. Conducto abierto por medio del cual se conduce agua.

Capacidad para azolves. Volumen de un almacenamiento reservado para el depósito de azolves.

Cárcamo. Depósito colector para extraer y elevar el agua con equipos de bombeo.

Carcasa. Elemento metálico, parte fija exterior de un cuerpo de impulsores de una bomba o turbina.

Carpeta. Superficie de rodamiento de una vialidad.

Cauce. Conducto natural o artificial por donde escurre una corriente de agua.

Cimentación. Elemento estructural que transmite cargas al terreno.

Clave. Se refiere a la parte interna superior del tubo.

Clima. Conjunto de condiciones meteorológicas como la temperatura, la precipitación, la evaporación, el viento y otros factores que caracteriza a una región.

Coefficiente de escurrimiento. Se denomina así a la relación entre el volumen de agua que escurre hasta el punto más bajo de la zona considerada y el volumen de agua que llueve.

Coefficiente de rugosidad. Valor asignado a la superficie de un material que da el grado de resistencia que se opone al escurrimiento del agua. Coeficiente de fricción.

Colchón. Espesor de material comprendido entre la parte superior de un conducto enterrado y la superficie de rodamiento.

Colector. Conducto que puede ser abierto o cerrado que recibe la aportación de los subcolectores y conducen el flujo hasta el punto de descarga.

Compactación. Procedimiento de estabilización mecánica para aumentar la densidad de un material.

Conchas. Excavación que se realiza debajo de las uniones (espiga-campanas, espiga-espiga con cople etc.), para la instalación y prueba de hermeticidad de la tubería.

Contra cuneta. Canal que se ubica arriba de la intersección de un corte y el terreno natural para interceptar los escurrimientos superficiales.

Corona. Superficie de una vialidad pavimentada.

Corriente. Flujo de agua.

Corrosión. Conjunto de procesos físico-químicos que degradan la superficie de un metal.

Cota. Diferencia de elevación contra un plano horizontal de comparación.

Cuenca. Área determinada por los parteaguas hacia una superficie de escurrimiento.

Cuneta. Canal que se ubica al pie de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales.

Curva de nivel. Línea que une los puntos que tienen la misma cota o altura.

D

Datos pluviográficos. Datos de intensidad de la lluvia para diferentes tiempos de duración, obtenidas de las gráficas de los pluviógrafos en donde quedan registradas las lluvias.

Dentellón. Elemento de concreto que se coloca al final de cualquier estructura para protegerla contra la socavación.

Derecho de vía o paso. Franja de terreno cuyas dimensiones fija la Autoridad Correspondiente, que se requiere para el uso adecuado y mantenimiento de cualquier vía de comunicación, canal, tuberías y sus servicios auxiliares.

Desagüe. Obra hidráulica destinada a desalojar las aguas de lluvia o de otra índole.

Desazolve. Retiro de sedimentos acumulados en un conducto de agua o en una estructura hidráulica.

Descarga. Punto de vertido en donde desemboca una corriente de agua.

Deslinde. Delimitación de los linderos de un predio.

Desplante. Superficie del terreno sobre la cual se cimienta o erige una estructura

Desvío. Modificación temporal del curso de una corriente para permitir la construcción de obras en el cauce

Dren. Conducto para el encauzamiento de las aguas residuales

E

Encauzamiento. Obras que se ejecutan dentro o fuera del cauce de una corriente de agua que sirve para modificar su curso.

Erosión. Desgaste del terreno natural, producido por la acción del agua y del viento

Escala. Relación entre las dimensiones de un objeto contra el dibujo, plano, maqueta o modelos.

Escorrentía. Estudio de los volúmenes de agua de lluvia que escurren en forma natural sobre la superficie del terreno de una cuenca.

Escurrimiento. Cantidad de agua que fluye por un cauce natural o artificial

Estación. Se refiere al kilometraje indicado en cierto punto localizado en la longitud de un conducto, línea o camino.

Estructura. Elemento que cumple una función específica.

Estudio. Recopilación y análisis de datos técnicos, topográficos, hidrológicos, geológicos, climáticos, económicos, financieros, sociales y políticos, con el fin de ver la factibilidad de llevar a cabo un proyecto, donde se plantean alternativas de solución al mismo.

F

Frecuencia. Probabilidad expresada en por ciento (%), de que pueda presentarse otra lluvia con igual intensidad en un período de tiempo determinado.

Frente. Sitio elegido en una obra, a partir del cual se inicia el trabajo. Fondo de una excavación subterránea.

G

Gasto. Volumen de agua que pasa en la unidad de tiempo por la sección transversal de un conducto abierto o cerrado.

Gasto de diseño. Volumen con el cual se realiza el diseño de una obra.

Gasto máximo. Escurrimiento extraordinario que con determinada frecuencia puede presentarse en el sitio de estudio.

Golpe de ariete. Incremento instantáneo de la presión del agua en un conducto cerrado por la variación brusca del flujo.

GPS. Global Position System (sistema de posición global, por sus siglas en inglés).

Guarnición. Elemento que se emplea para proteger el pavimento y limitar las banquetas, camellones, isletas y la orilla de la calzada.

H

Hidrograma. Representación gráfica de la distribución de los gastos de escurrimiento de una corriente con respecto al tiempo.

Hietograma. El hietograma es un gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta.

Hombro. Arista formada por la intersección de la corona de la vialidad con el talud del terraplén o de la cuneta.

I

Impermeabilizante. Producto natural o artificial que se emplea para evitar la penetración del agua.

Impulsor. Elemento móvil de una bomba, que produce la fuerza centrífuga para el desplazamiento del agua.

Intensidad de lluvia. Es la relación entre la caída de lluvia y el tiempo en que cae en mm/h.

L

Levantamiento topográfico. Conjunto de procedimientos necesarios para representar todos los accidentes topográficos del terreno de un plano.

Limo. Producto de la desintegración de las rocas con partículas equidimensionales de tamaño menor a 0.074 mm.; plasticidad según el SUCS, tal que el $I_p < 7$, o se ubique debajo de la línea "A" de la carta de plasticidad. Material fino que transportan los ríos, por lo general de buenas cualidades agrícolas. Légamo.

Línea de cerros. Punto comienzo del corte y punto de terminación del terraplén de la sección transversal de una vialidad.

N

NAA. Nivel de agua actual.

NAME. Nivel de aguas máximo extraordinario.

NEMA. National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, por sus siglas en inglés).

Nivel freático. Nivel de la superficie del agua subterránea en reposo.

NTN. Nivel de terreno natural.

P

Parteaguas. Es la línea que une los puntos de mayor elevación del terreno de las diferentes montañas, cerros, montículo, etc., a partir de la cual las pendientes topográficas cambian de sentido determinando la dirección del escurrimiento de las aguas pluviales. Estas líneas constituyen los límites entre las cuencas.

Período de Retorno. Es el tiempo en años que transcurre entre la verificación de dos veces consecutivas una lluvia de la misma intensidad.

Período económico. Es el lapso de tiempo en la cual la obra proporcionará servicio eficiente de acuerdo con el periodo de retorno considerado y con el estudio de factibilidad técnica, económica y financiera realizado.

Plano. Representación gráfica del terreno o de las diversas partes que constituyen un proyecto.

Planta. Representación horizontal de una estructura o parte de ella.

Plantilla. Parte horizontal formada por el fondo de la sección de un canal o dren. Capa que se construye sobre un terreno para desplantar cimientos o asentar tuberías.

Pluviógrafo. Aparato o dispositivo también llamado pluviómetro registrador, integrado por un recipiente y un sistema graficador que registra la altura del agua caída en función del tiempo.

Pluviograma. Gráfica representativa de la lluvia en que las abscisas tiene tiempo en minutos transcurridos y en que las ordenadas alturas en milímetros (mm) de agua de lluvia acumulada.

Pluviómetro. Instrumento que mide la cantidad de lluvia que cae en un tiempo determinado.

Pozo de absorción. Estructuras construidas en suelos permeables para infiltración del agua.

Pozo de visita. Estructura de acceso a un conducto cerrado.

Precipitación Pluvial.- Se da este nombre al agua, granizo o nieve que cae en forma de lluvia cuando el vapor del agua que forma las nubes se condensa y cae a la superficie del suelo.

Programa de obra. Calendarización de las actividades que comprenden la ejecución de una obra.

Propietario. Persona física o moral a nombre de la cual se encuentra inscrita en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio v/o **Autoridad Correspondiente**, el predio en que se lleva a cabo el proyecto de alcantarillado pluvial.

Proyectista.- Profesionista responsable de la ejecución de un proyecto relativo al alcantarillado pluvial.

Proyecto. Conjunto de documentos que contienen como mínimo memoria técnica-descriptiva, memoria de cálculos, especificaciones de los materiales, procesos constructivos, volúmenes de obra, presupuesto base, planos constructivos, datos básicos de cálculos, normas y otras indicaciones, conforme a los cuales debe ejecutarse una obra.

PVSM. Peso Volumétrico Seco Máximo.

R

Rasante. Proyección del desarrollo del eje del fondo de un conducto para escurrimiento de agua.

Registro. Estructura con tapa para examinar, conservar o reparar una instalación oculta o subterránea

Rejilla. Estructura metálica para evitar el paso de cuerpos que arrastra el agua.

RPM. Revoluciones por minuto que gira un elemento referenciado a un eje

S

Sección longitudinal. Corte vertical de una estructura por su eje.

Sección transversal. Corte vertical normal al eje longitudinal de una estructura o trazo topográfico.

SM. Suelo conformado con arenas y limo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Suelo– Cemento. Suelo mejorado a base de agregarle cemento tipo II.

SW. Suelo conformado con arena o arena con grava bien graduada con poco o nada de finos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

T

Talud. Declive del paramento de un muro, corte, terraplén o del terreno natural. Representación gráfica o numérica de la proyección horizontal de la hipotenusa del triángulo rectángulo y su altura unitaria correspondiente.

T.M.A. Tamaño máximo de agregado de un material (refiérase al agregado pétreo).

Terraza. Restos de una capa de aluvión sensiblemente horizontal. Espacio descubierto levantado del suelo rodeado de balaustrada. Fajas de terreno niveladas, utilizadas para conservación de suelos.

Tirante. Distancia vertical entre la plantilla de un cauce o conducto y la superficie libre del agua.

Trazo. Plasmar en campo la línea base o trayectoria de la obra

U

Unidad Ejecutora. Término que se utiliza para hacer referencia a Organismos y/o Dependencias Gubernamentales que licitan y contratan obra pública.

USBR. United States Bureau of Reclamation (Buró de reclamación de los Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés).

V

Vado. Estructura generalmente transversal en un camino para el cruce de una corriente de agua.

Válvula. Dispositivo compuesto de elementos fijos y móviles que controla, obstruye o admite el paso de un fluido en una tubería

Vaso. Almacenamiento artificial de agua en una presa.

Vertido. Es el sitio en que el colector pluvial entrega las aguas de lluvia a un cuerpo receptor (arroyo, río, lago, al mar) para su disposición final.

ANEXOS TÉCNICOS

CLAVE	CONTENIDO
APL-1	SECCIÓN DE ZANJA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO
APL-2	CUNETA DE CONCRETO
APL-3.1	BOCA DE TORMENTA TIPO PISO CON REJILLA DE Fo.Fo.
APL-3.2	BOCA DE TORMENTA TIPO PISO DE CONCRETO REFORZADO
APL-3.3	BOCA DE TORMENTA TIPO PISO CON REJILLA DE CONCRETO POLIMÉRICO
APL-3.4	BOCA DE TORMENTA EN BANQUETA
APL-3.5	BOCA DE TORMENTA EN BANQUETA
APL-3.6	BOCA DE TORMENTA MIXTA
APL-3.7	REJILLA DE PISO
APL-4	UBICACIÓN DE BOCA DE TORMENTA
APL-5	LOCALIZACIÓN DE TUBERÍA EN VIALIDAD
APL-6	CONEXIÓN EN TUBERÍAS
APL-7.1	POZO DE VISITA COMÚN
APL-7.2	POZO DE VISITA ESPECIAL
APL-7.3	POZO CAJA
APL-7.4	POZO CAJA UNIÓN
APL-7.5	POZO DE VISITA PREFABRICADO DE CONCRETO REFORZADO
APL-7.6	POZO CON CAÍDA Y DEFLECTOR INTERIOR
APL-7.7	POZO CAJA DEFLEXIÓN
APL-7.8	ESTRUCTURA DE CAÍDA ESCALONADA
APL-7.9	TAPA CIEGA DE FIERRO FUNDIDO DE 61 cm Ø (24")
APL-7.10	TAPA CIEGA DE HIERRO DUCTIL DE 61 cm Ø (24")
APL-7.11	TAPA CIEGA DE FIERRO FUNDIDO DE 91 cm Ø (36")
APL-8.1	ESTRUCTURA DE DESCARGA PLUVIAL
APL-8.2	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
APL-8.3	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
APL-8.4	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
APL-9	PROTECCIÓN DE TUBERÍAS
APL-10	DIÁMETRO ECONÓMICO
APL-11	TAMAÑO DE LOS PLANOS
APL-12.1	SIMBOLOGÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL I
APL-12.2	SIMBOLOGÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL II
APL-13	VADO POR BANQUETA

BIBLIOGRAFÍA

Documentos normativos para Vialidades publicados por la SIDUE en el Periódico Oficial del Estado:

- "Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Vialidades en el Estado de Baja California".
- "Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para Obras de Vialidades del Estado de Baja California".
- "Normas Técnicas de Construcción de Pavimentos para Obras de Vialidades del Estado de Baja California".
- "Normas Técnicas de Mantenimiento de Pavimentos para Obras de Vialidades del Estado de Baja California".
- "Normas Técnicas para Proyecto de Sistemas de Agua Potable y Normas Técnicas para Proyecto de Sistemas de Alcantarillado Sanitario".
- "Normas Técnicas de Construcción para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario".

Otros Documentos utilizados:

- "Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Normativa SCT)".
 - "Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes".
 - "Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) DE LA Comisión Nacional del Agua".
 - "Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011, Sistema de Alcantarillado Sanitario, Especificaciones de Hermeticidad".
 - "Manual General para Supervisión y Control de Proyectos y Obras de Infraestructura del Estado de Baja California".
 - "Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial, de la Comisión Nacional del Agua."
 - Bibliografía para calcular el Brake Horse Power (BHP) de una bomba centrífuga: "[1].- PUMP HANDBOOK. Edited by Igor J. Karassik, William C. Krutzsch, Warren H. Frazer; Worthington Puma, Inc. And Joseph P. Messina. Public Service Electric and gas Company. New Jersey Institute of Technology. 1976, McGraw-Hill, Inc."
 - Para cárcamos de bombeo:
Hydraulic Institute. Section 9.8 "Pump Intake Design Standard", páginas 109 y 110 Appendix B-2 Minimum Pump Volum Sequence.
-

- Para datos de cavitación en las bombas centrífugas

Selecting Large Pumping Units: Williams Duncan, Jr. And Carlos G. Bates. United States Department of the Interior. Bureau of Reclamation. A Water Resources Technical Publication Engineering Monograph No. 40, 34 pages."

- CNA, 1996. Manual de Ingeniería de Ríos, Capítulo 3. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.
 - Sistema General de Unidades de Medida (NOM-008-SCFI-2002) publicado en el Periódico Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
 - Manual de normas de la CONAGUA Diseño de instalaciones mecánicas y selección de equipo mecánico libro V, 4.1, tomo I capítulo 8 Diseño de Cárcamo de Bombeo 1994
 - Estandares AWWA (American Water Works Association).
-

**COMITÉ TÉCNICO DE "NORMAS TÉCNICAS PARA ELABORACIÓN DE
PROYECTOS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA"
(ACTUALIZACIÓN 2012).**

COORDINACIÓN:

Comisión Estatal de Agua de Baja California

**Ing. María Elena Cárdenas Vázquez
C. Jesús Miguel Cortez Félix**

Asesoría

Ing. Luis López Moctezuma Torres

XX Ayuntamiento de Ensenada

**Ing. Roberto Romero González
Ing. Alejandro Figueroa Núñez**

Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali

**Ing. Pedro Magaña Córdova
Ing. Fortino Angulo Muñoz**

XX Ayuntamiento de Tecate

Dirección de Obras y Servicios Públicos

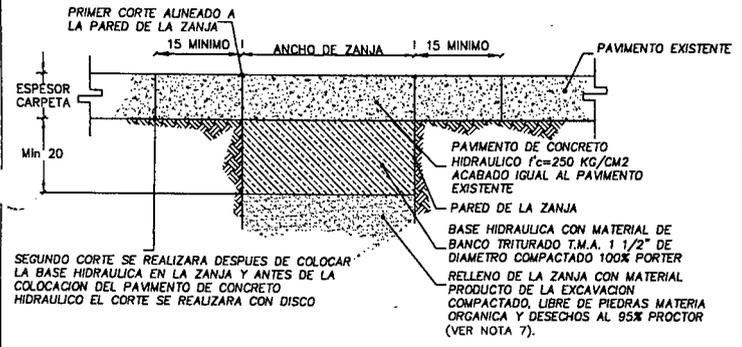
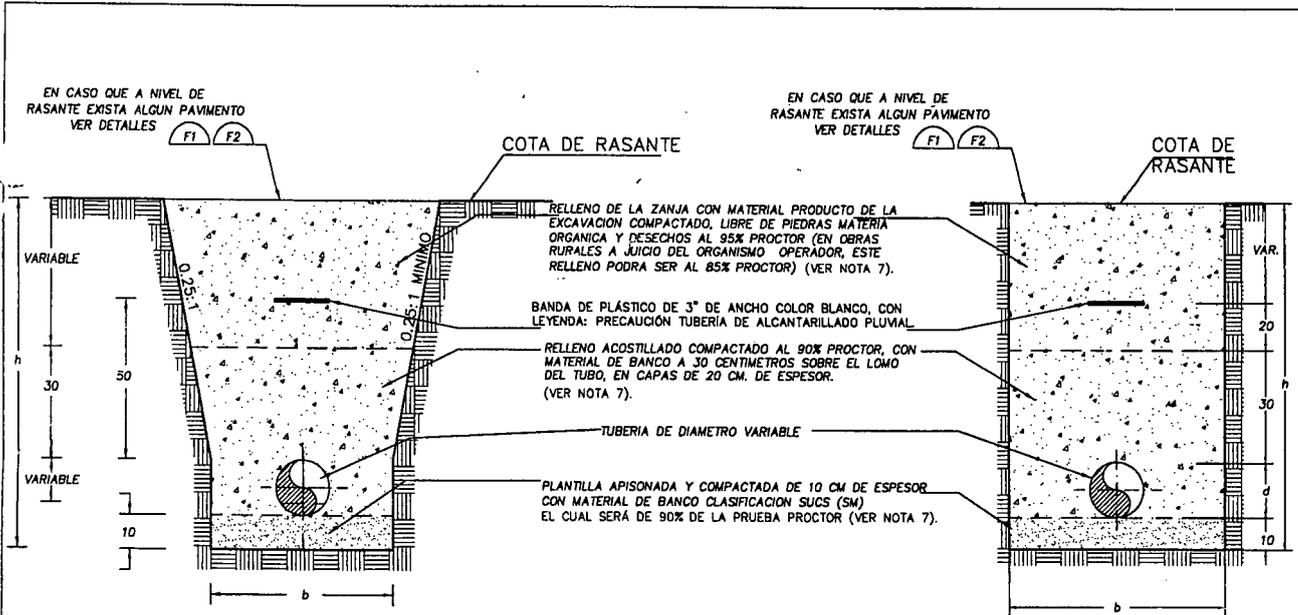
**Arq. Alfredo Hernández León
C.P. Fernando Martínez Grajeda**

XX Ayuntamiento de Tijuana

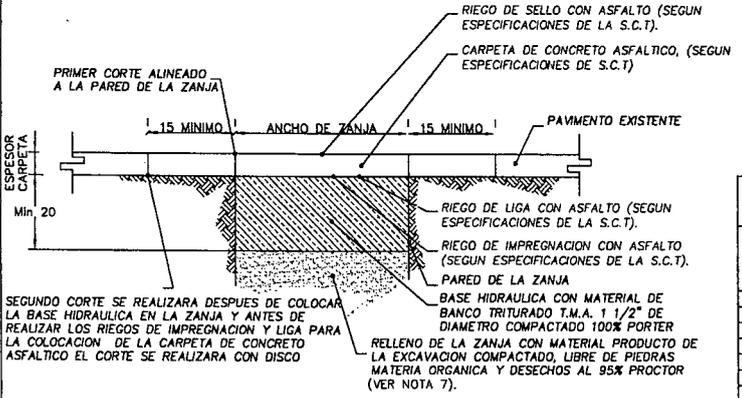
**Ing. José Antonio Jaén Olmos
Ing. Luis Carlos Vázquez Flores**

V Ayuntamiento de Playas de Rosarito

**C. Mauricio Aguirre Ruiz
Ing. José Luis Castillo Díaz**



DETALLE REPOSICION CONCRETO HIDRAULICO (F2)



DETALLE REPOSICION CARPETA ASFALTICA (F1)

NOTAS:

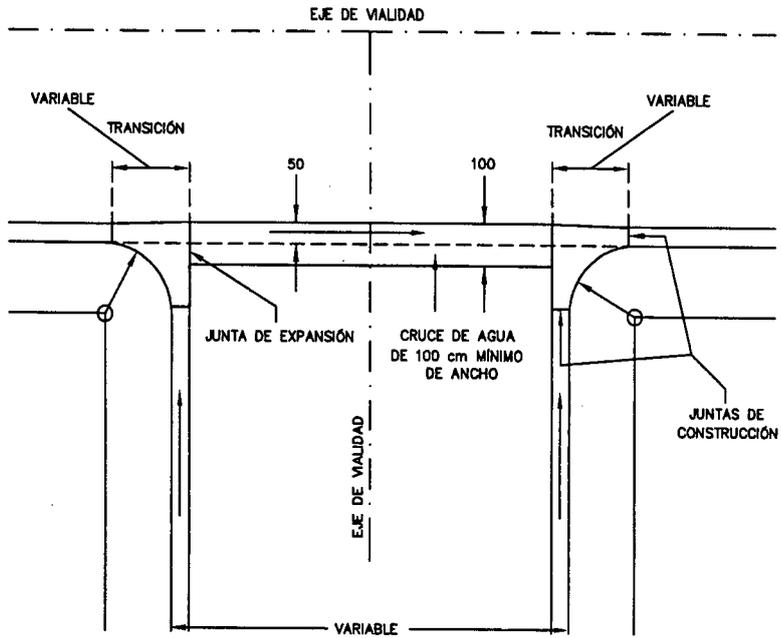
- 1.- ACOTACIONES EN CENTIMETROS.
- 2.- LA PLANTILLA DEBERA SER DE MATERIAL DE BANCO (SM) O PRODUCTO DE EXCAVACION A JUICIO DEL ORGANISMO OPERADOR APISONADO AL 90% PROCTOR.
- 3.- EL RELLENO ACOSTILLADO DEBERA SER DE MATERIAL (LIBRE DE PIEDRA) PRODUCTO DE LA EXCAVACION O DE BANCO (SM), COMPACTADO AL 90% PROCTOR.
- 4.- EL RELLENO DEL RESTO DE LA ZANJA DEBERA SER DE MATERIAL PRODUCTO DE LA EXCAVACION O DE BANCO, COMPACTADO AL 95% PROCTOR.
- 5.- EL TALUD MINIMO EN ZANJAS PODRA SER DE 0.25:1, LO QUE DEPENDERA DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.
- 6.- EN LAS ZONAS RURALES, LA BANDA PARA PROTECCION DE TUBERIA DEBERA QUEDAR INSTALADA EN MATERIAL COMPACTADO AL 85% PROCTOR COMO MINIMO.
- 7.- SE DEBERA DE REVISAR PREVIAMENTE A LOS RELLENOS, LA FICHA TECNICA DEL FABRICANTE PARA ESTABLECER EL MATERIAL Y GRADO DE COMPACTACION RECOMENDADO.

NOTA:

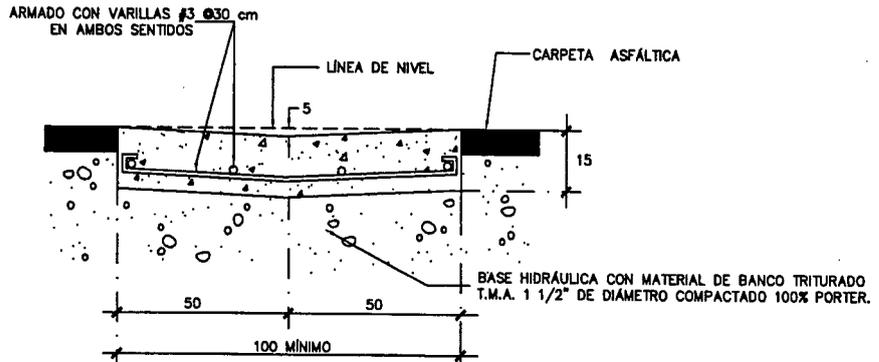
A.- EL ESPESOR DE LA NUEVA CARPETA SERA IGUAL AL ESPESOR DE LA CARPETA EXISTENTE

ANCHO DE ZANJA b EN cm

DÍAMETRO NOMINAL	PROFUNDIDAD DE ZANJA						
	HASTA DE 1.25 m	DE 1.26 m A 1.75 m	DE 1.76 m A 2.25 m	DE 2.26 m A 2.75 m	DE 2.76 m A 3.25 m	DE 3.26 m A 3.75 m	DE 3.76 m A 4.25 m
20	8	60	65	65	70		
25	10	70	70	70	70	70	75
30	12	75	75	75	75	75	75
38	15	90	90	90	90	90	90
45	18	110	110	110	110	110	110
53	21	125	125	125	125	125	125
61	24	135	135	135	135	135	135
68	27	145	145	145	145	145	145
76	30	155	155	155	155	155	155
91	36	175	175	175	175	175	175
107	42		190	190	190	190	190
122	48		210	210	210	210	210
152	60		245	245	245	245	245
183	72			280	280	280	280
213	84				320	320	320
244	96					360	360



**DETALLE DE
CRUCE DE AGUA**



**DETALLE DE CUNETA
DE CONCRETO**

ESPECIFICACIONES

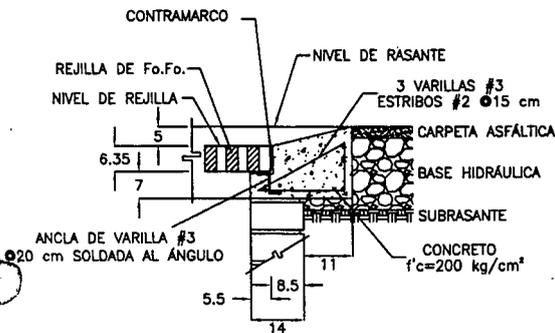
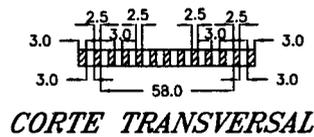
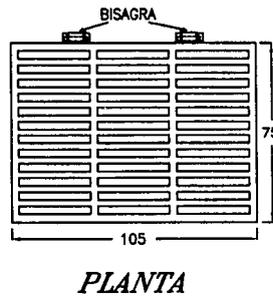
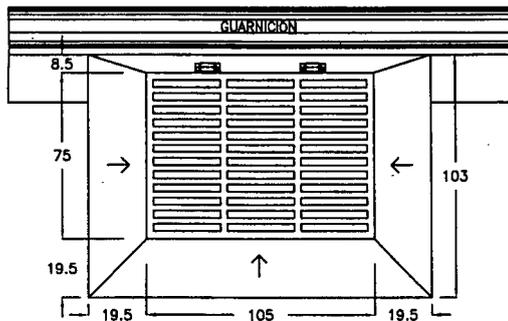
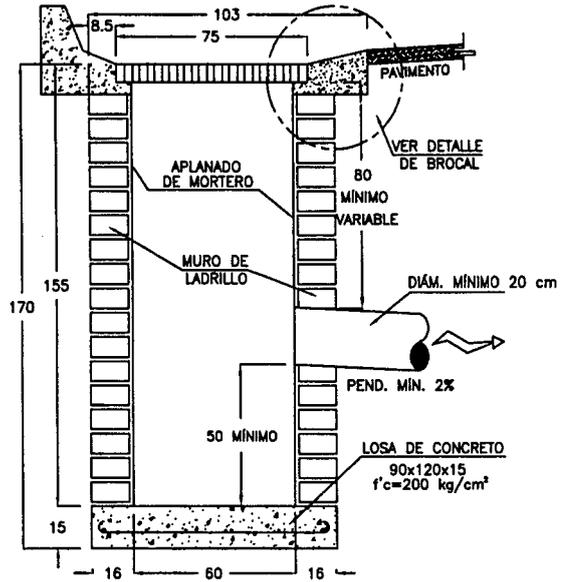
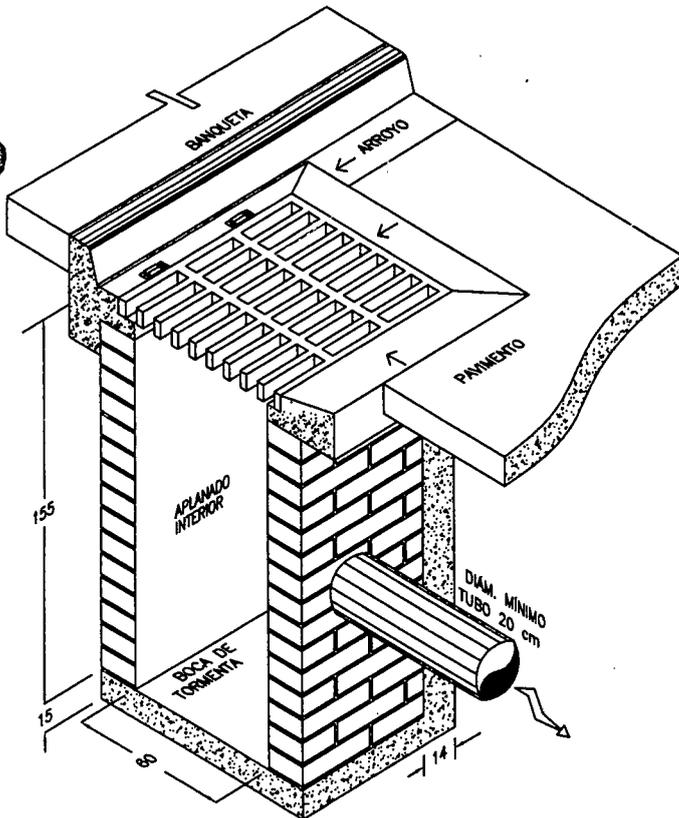
- 1.- CONCRETO $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$, TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO DE 19 mm ($3/4"$).
- 2.- ARMADO CON VARILLAS DEL #3 @ 30 cm EN AMBOS SENTIDOS, A 5 cm DEL NIVEL INFERIOR.
- 3.- ACABADO FLOTEADO FINO CON DOBLEZ PERIMETRAL.
- 4.- UTILIZAR CURACRETO UNA VEZ TERMINADO EL ACABADO.
- 5.- SE CONSTRUIRÁN CUNETAS EN LOS CRUCEROS DONDE EXISTAN PASOS DE AGUA.

NOTA :

- ACOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO LO INDICADO EN OTRA UNIDAD.

ANEXO : CUNETA DE CONCRETO

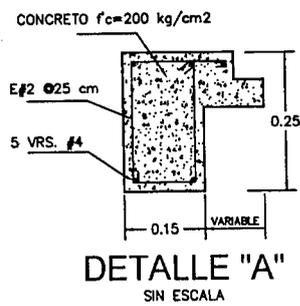
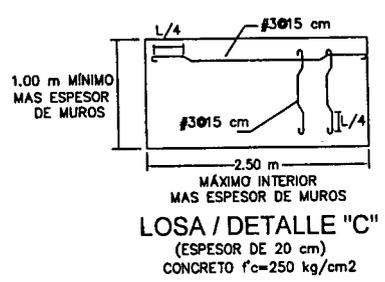
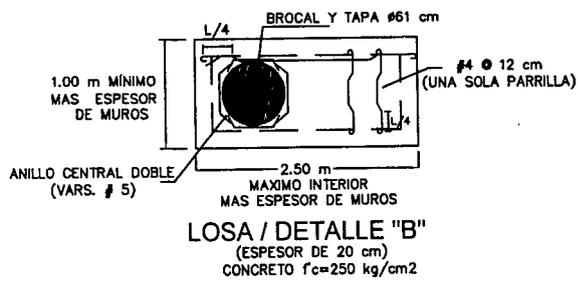
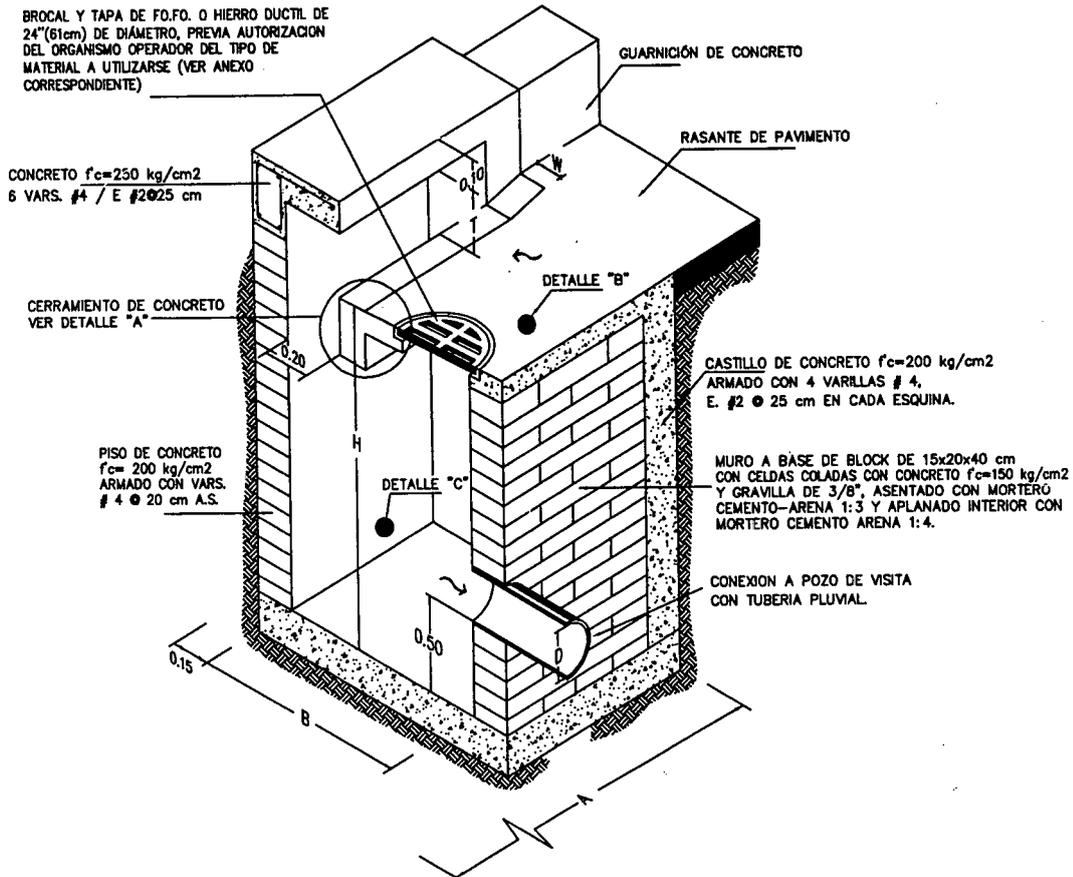
CLAVE : APL-2



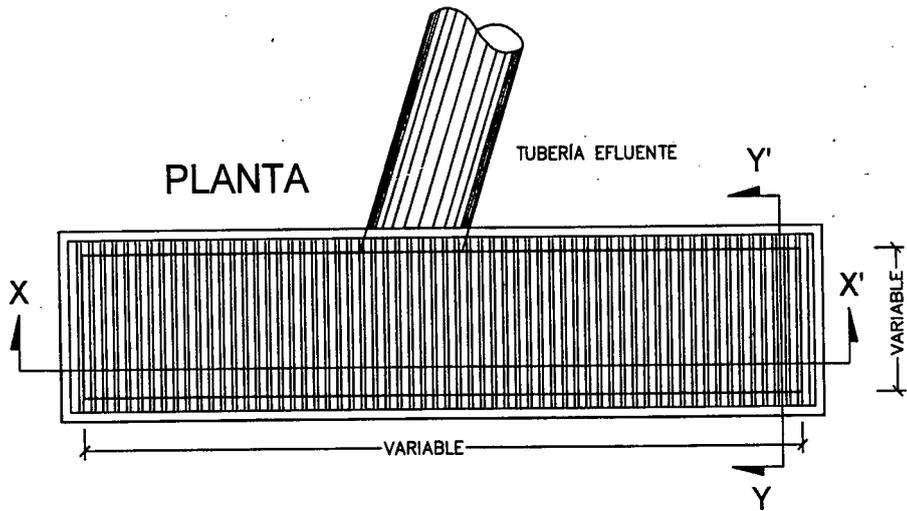
ESPECIFICACIONES

- EN LAS BOCAS DE TORMENTA SU VOLUMEN SERÁ DE 60x90x155 cm DE ALTURA.
- LOS MURO SERÁN DE LADRILLO COMUN 7x14x28 cm Y/O BLOQUE DE CONCRETO APLANADO INTERIOR Y CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:2 Y 1:3 PARA JUNTAS CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE 2 cm DE ESPESOR, CON CASTILLOS DE CONCRETO DE 14x14 cm EN CADA ESQUINA f'c=200 kg/cm² ARMADO CON 4 VARILLAS #3 Y ESTRIBOS #2 Ø 15 cm
- CIMENTACIÓN DE CONCRETO DE 15 cm DE ESPESOR Y VARILLAS #3 Ø 15 cm AMBOS SENTIDOS CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL f'c=200 kg/cm²
- CONTRAMARCO PARA TAPA A BASE DE ÁNGULO DE 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4" DE ESPESOR ANCLADO EN CERRAMIENTO.
- LA REJILLA SERÁ DE Fo.Fo. DE 75x105 cm CON UN PESO DE 180 kg.
- LA TUBERÍA DE SALIDA DEBERÁ SER DE P.V.C. O UN MATERIAL SIMILAR CON UNA PENDIENTE DE SALIDA DEL 2% MÍNIMO Y UN DIÁMETRO MÍNIMO DE 20 CM.
- TODOS LOS CONCRETOS Y MORTEROS SERÁN ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II.
- BISAGRAS A BASE DE REMACHE DE CABEZA DE 19 mm (3/4") DE DIÁMETRO CON LARGO DE 209.5 mm (8 1/4") PARA UN AGARRE DE 156 mm.

NOTAS :
 • ACOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO LO INDICADO EN OTRA UNIDAD.
 • LA UTILIZACION DE REJILLAS DE Fo.Fo. DEBERAN SER AUTORIZADAS POR EL ORGANISMO OPERADOR.

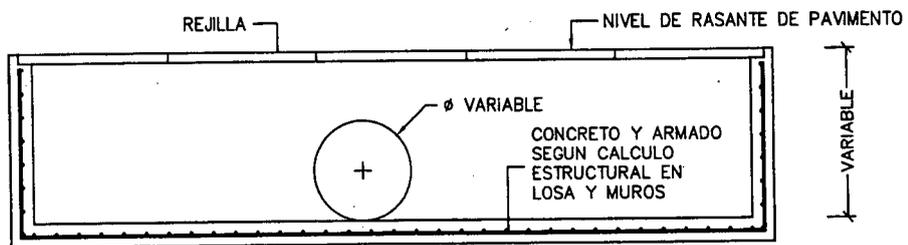


DIMENSIONES (m)	
A	Según diseño
B	1.00 mínimo
D	0.38 mínimo
H	Variable
W	Variable
T	Variable

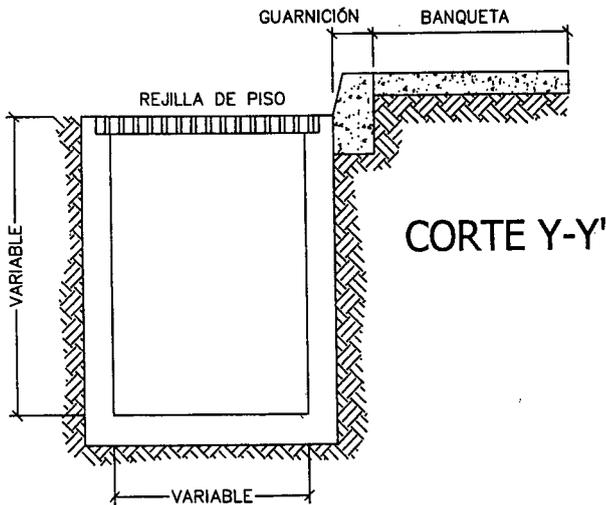


DETALLE DE REJILLA DE PISO

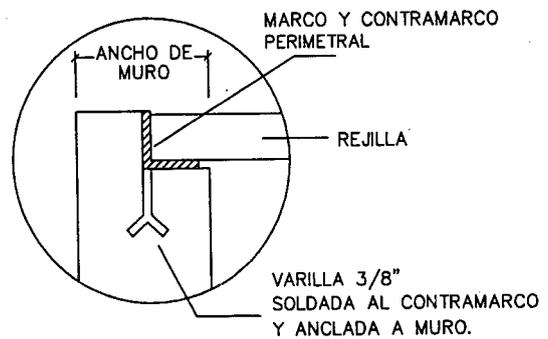
DIMENSIONAMIENTO SEGÚN CÁLCULO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL



CORTE X-X'



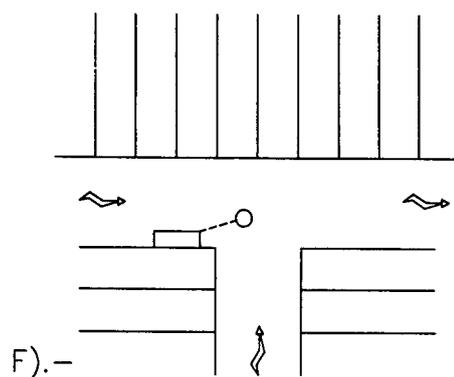
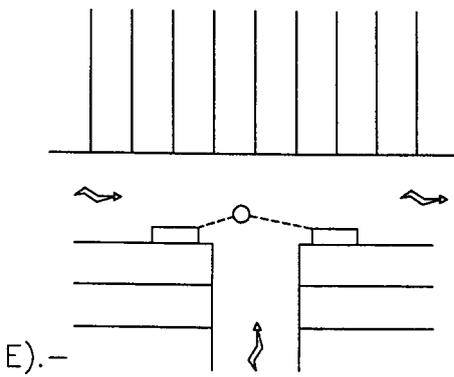
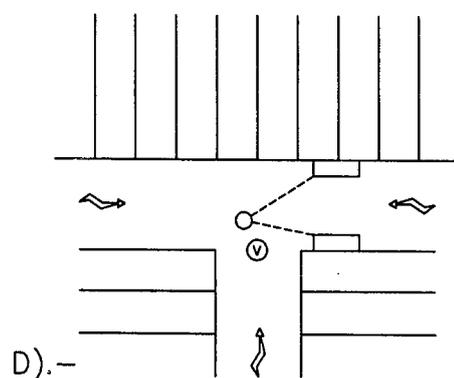
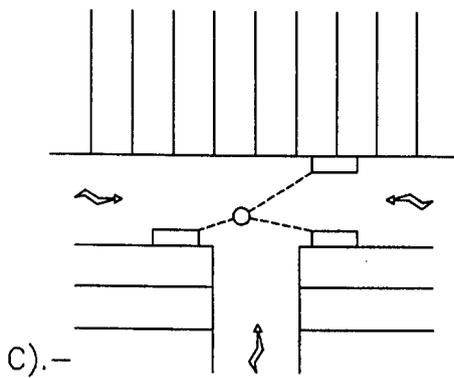
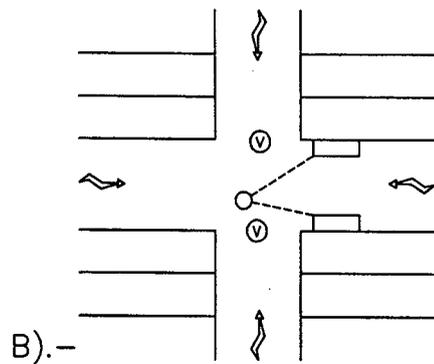
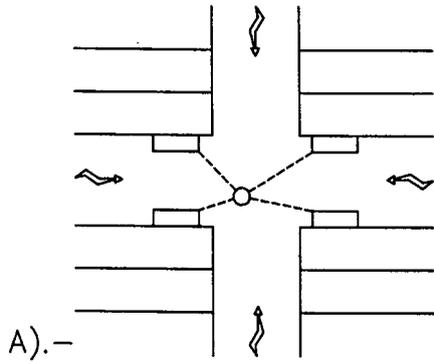
CORTE Y-Y'



SOPORTE EN MURO PARA REJILLA

NOTA 1:
 EL MATERIAL PARA LAS REJILLAS PODRÁ SER DE ACERO ESTRUCTURAL O FIERRO FUNDIDO, SEGÚN LA UBICACIÓN DE LA REJILLA, EL TIPO DE TRÁNSITO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA MISMA.

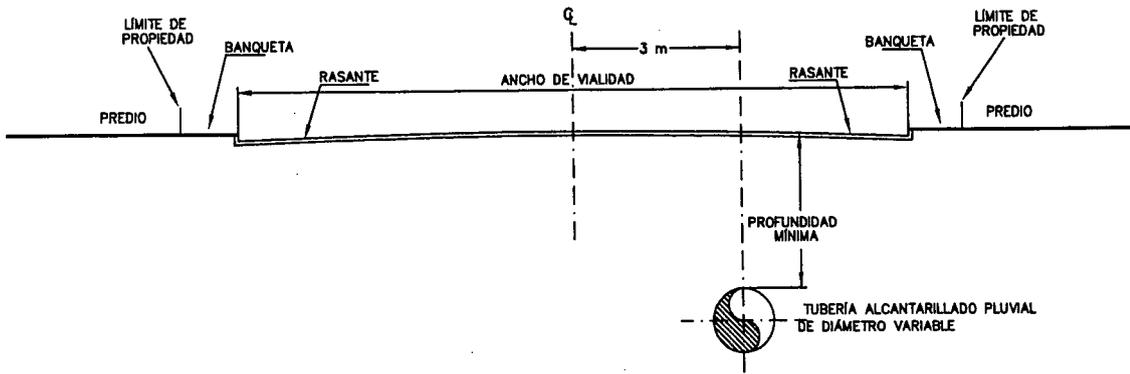
NOTA 2:
 LA DIMENSIÓN MÍNIMA POR MÓDULO DE REJILLA SERÁ DE 1.00 m x 1.00 m



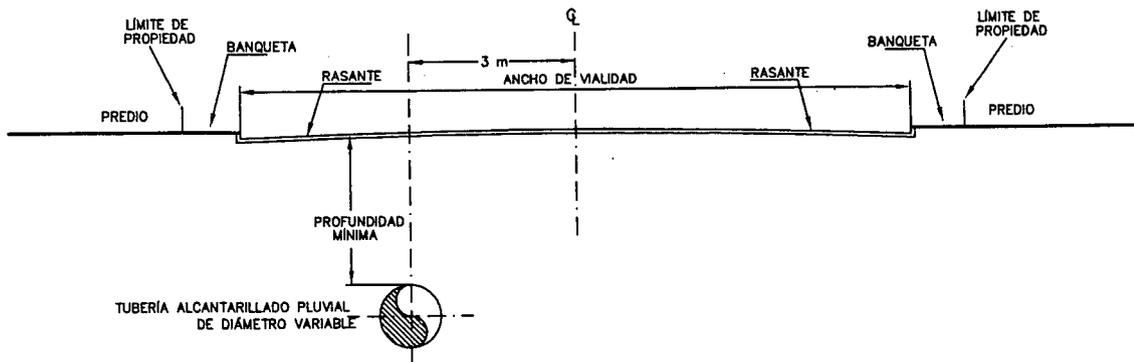
SIMBOLOGÍA			
	LOTIFICACIÓN		ESCURRIMIENTO
	POZO DE VISITA		CONEXIÓN AL POZO DE VISITA
	BOCA DE TORMENTA		CUNETETA

ANEXO : UBICACIÓN DE BOCA DE TORMENTA

CLAVE : APL-4



NOTA :
• LA TUBERÍA SE UBICA A 3 m AL SUR O AL OESTE DEL EJE DE LA VIALIDAD.
MUNICIPIOS: MEXICALI Y TECATE



NOTA :
• LA TUBERÍA SE UBICA A 3 m AL SUR O AL ESTE DEL EJE DE LA VIALIDAD.
MUNICIPIOS: ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO Y TIJUANA

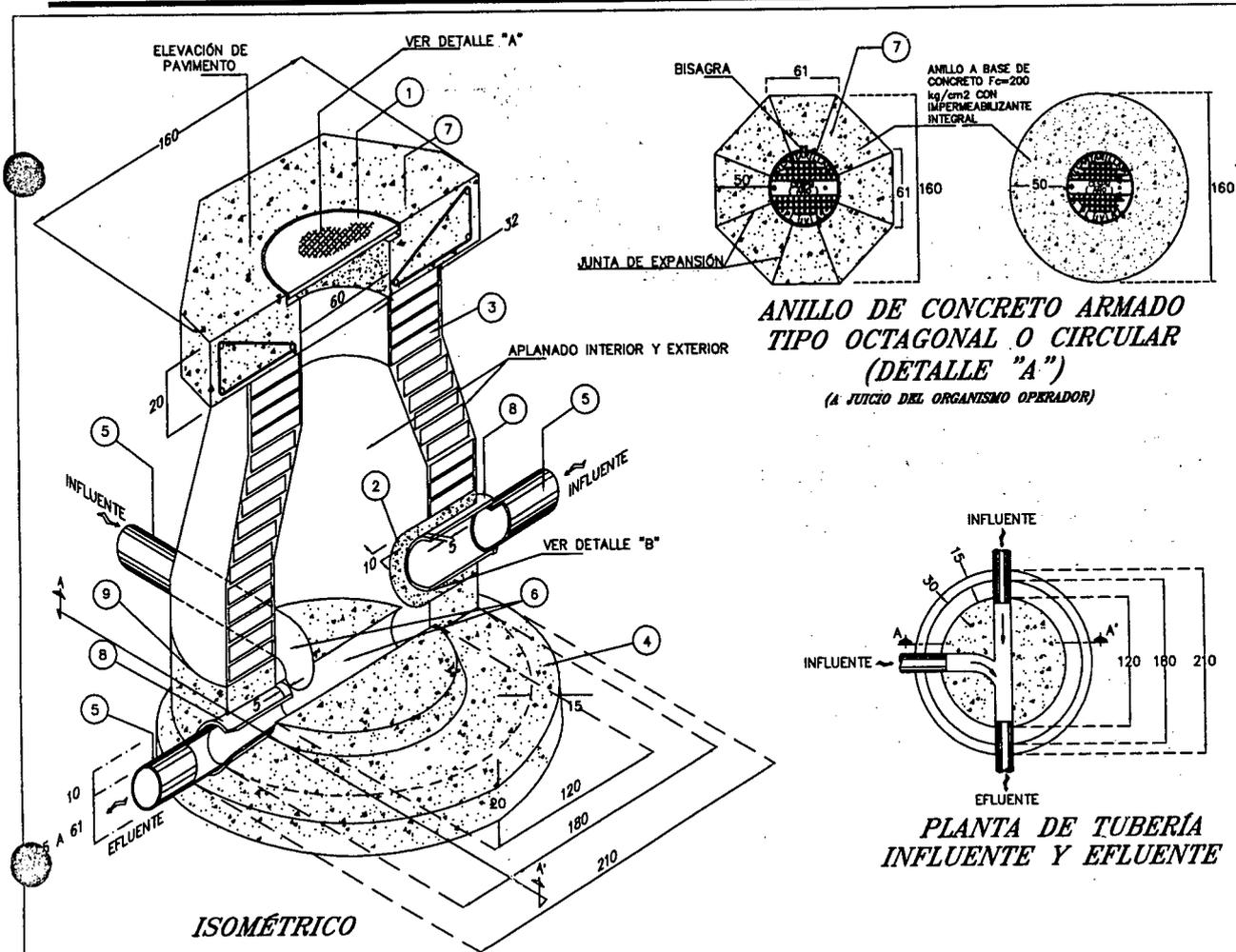
LÍNEA PRINCIPAL

DIÁMETRO	20	25	30	38	45	61	76	91	107	122	152	183	244
----------	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----

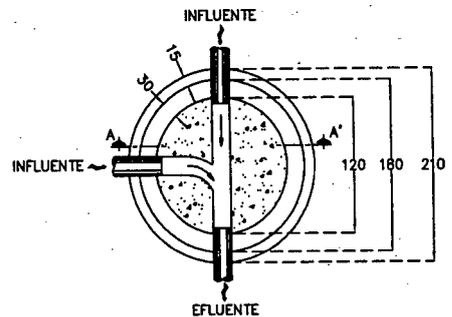
LÍNEA SECUNDARIA	20	P												
	25		P	PEC	PEC	EC	EC	C	C	C	C	C	C	
	30			P	PEC	PEC	EC	EC	C	C	C	C	C	
	38				P	PEC	PEC	EC	EC	C	C	C	C	
	45					P	PEC	PEC	EC	EC	C	C	C	
	61						P	PEC	PEC	EC	EC	C	C	
	76							P	PEC	PEC	EC	EC	C	C
	91								P	PEC	PEC	EC	EC	C
	107									P	PEC	PEC	EC	EC
	122										P	PEC	PEC	EC
	152											P	PEC	PEC
	183												P	PEC
	244													P

P = CONEXIÓN A PLANTILLA
 E = CONEXIÓN A EJES
 C = CONEXIÓN A CLAVES

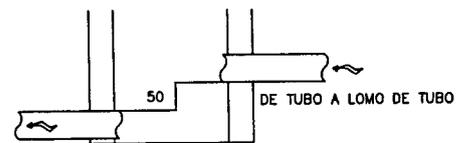
NOTA :
 LOS DIÁMETROS INDICADOS ESTAN EN CENTÍMETROS



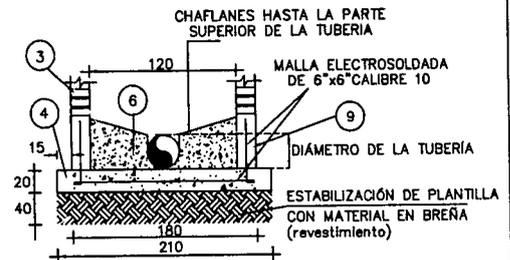
ANILLO DE CONCRETO ARMADO TIPO OCTAGONAL O CIRCULAR (DETALLE "A")
(A JUICIO DEL ORGANISMO OPERADOR)



PLANTA DE TUBERÍA INFLUENTE Y EFLUENTE



DETALLE "B"



CORTE A-A'

POZO DE VISITA COMÚN PARA DIÁMETROS DE 25 cm (10"Ø) A 61 cm (24"Ø) Y ALTURA MENOR O IGUAL A 300 cm

SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES

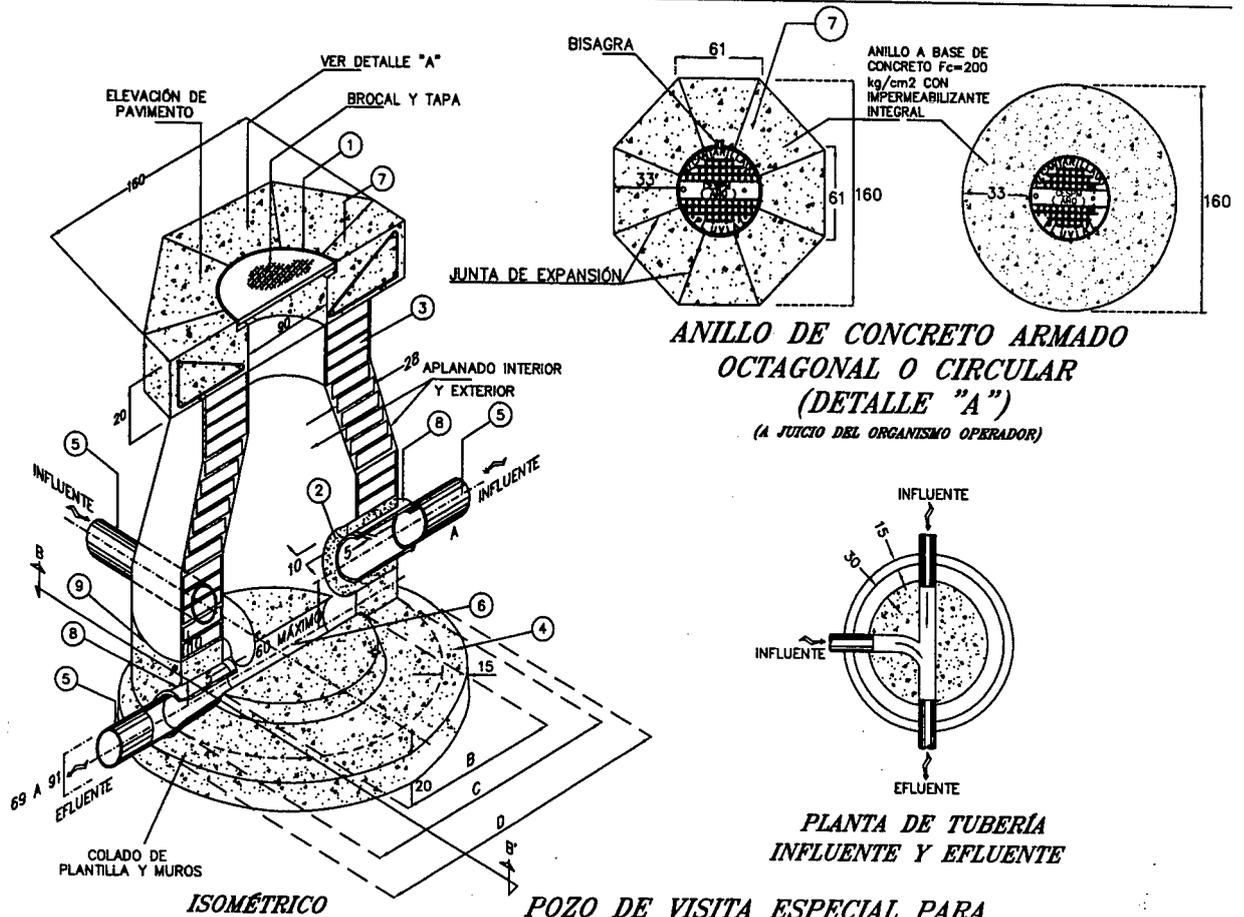
- 1.- BROCAL Y TAPA DE Fo.Fo. O HIERRO DUCTIL DE 24" DE DIÁMETRO, PREVIA AUTORIZACION DEL ORGANISMO OPERADOR DEL TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE (VER ANEXO CORRESPONDIENTE).
- 2.- CUANDO EL TUBO SEA CORRUGADO, EL ANILLO DEBERÁ SER DE CONCRETO SIMPLE $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$.
- 3.- MURO DE LADRILLO APLANADO INTERIOR Y SI EXISTE NIVEL FREÁTICO DEBERÁ APLANARSE EL LADO EXTERIOR DEL POZO CON MORTERO CEMENTO-ARENA PROPORCIÓN 1:2 CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE 2 cm DE ESPESOR Y JUNTEADO CON MORTERO 1:3.
- 4.- CIMENTACIÓN DE CONCRETO $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$, CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL, REFORZADA CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 6"x6" CALIBRE 10.
- 5.- LAS TUBERÍAS INFLUENTES Y EFLUENTES AL POZO SERÁN DE PAD Y PVC O MATERIAL SIMILAR.
- 6.- MEDIA CAÑA A BASE DE CONCRETO SIMPLE $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$, HASTA EL LOMO DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
- 7.- ANILLO DE CONCRETO REFORZADO $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$ DE 20 cm DE ESPESOR, CON FIBRA DE POLIPROPILENO Y ACCELERANTE INTEGRADO, ARMADO CON 3 VARILLAS #3, ESTRIBOS #2 Ø 15 cm CON RECUBRIMIENTO DE 3 cm.
- 8.- PARA TUBOS LISOS, SE DEBERÁN UTILIZAR ADAPTADORES DE PVC CON RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE AGREGADO GRUESO, PARA ENTRONCAR A LOS POZOS DE VISITA, ADEMÁS DEBERÁ TENER INTEGRADO UN EMPAQUE DE NEOPRENO QUE CUMPLA CON LAS NORMAS NOM-001-COAGUA-2011 DE HERMETICIDAD.
- 9.- DALA DE DESPLANTE DE MURO DE CONCRETO $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$, HASTA 10 cm SOBRE EL LOMO DE LA TUBERÍA INFLUENTE, ARMADO CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 6"x6" CALIBRE 10.

NOTAS :

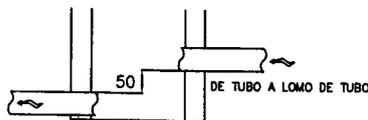
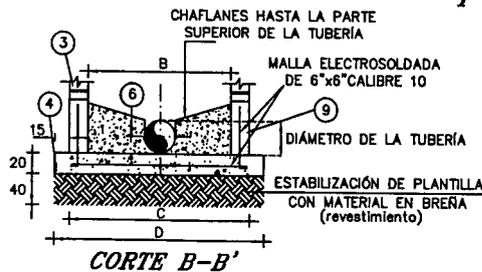
- EN ZONAS NO PAVIMENTADAS, EL NIVEL DEL BROCAL Y TAPA DEBERÁ SER DE 10 cm POR DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.
- TODOS LOS CONCRETOS Y MORTEROS DEBERÁN SER ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II
- ACOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO LO INDICADO EN OTRA UNIDAD.

ANEXO : POZO DE VISITA COMÚN

CLAVE : APL-7.1



POZO DE VISITA ESPECIAL PARA DIÁMETROS DE 69 cm (27"Ø) A 91 cm (36"Ø) Y ALTURAS MAYORES DE 300 cm



MEDIDAS DEL POZO

	A	B	C	D
DE 69 A 76 CMS.	1.50	2.10	2.40	
91 CMS.	2.00	2.60	2.90	

NOTAS :

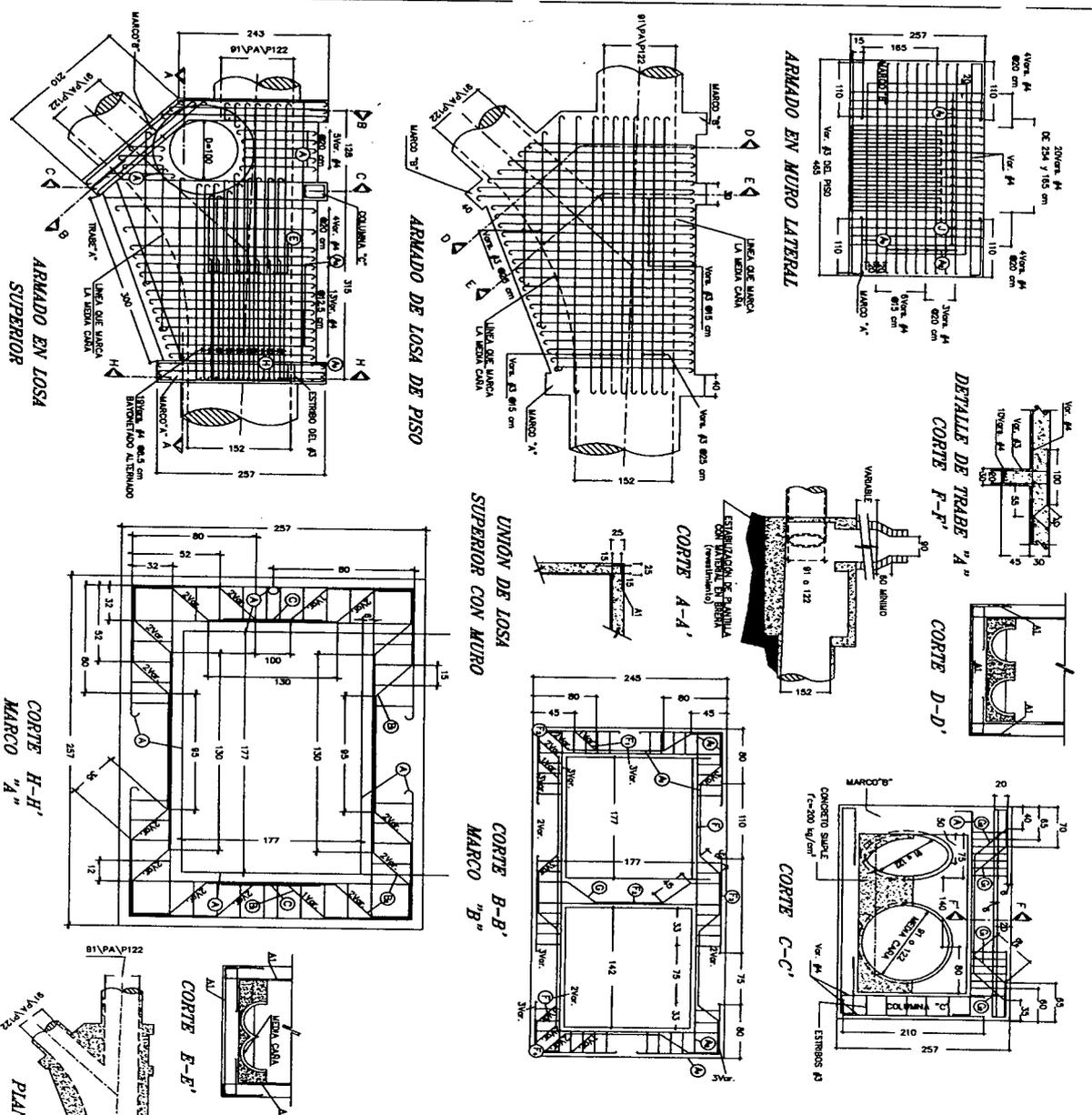
- EN ZONAS NO PAVIMENTADAS, EL NIVEL DEL BROCAL Y TAPA DEBERÁ SER DE 10 cm POR DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.
- CONCRETO Y MORTERO CON CEMENTO TIPO II.
- ACOTACIONES EN cm.

ESPECIFICACIONES

- 1.- BROCAL Y TAPA DE Fo.Fo. O HIERRO DUCTIL DE 36" DE DIÁMETRO, PREVIA AUTORIZACION DEL ORGANISMO OPERADOR DEL TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE (VER ANEXO CORRESPONDIENTE).
- 2.- CUANDO EL TUBO SEA CORRUGADO, EL ANILLO DEBERÁ SER DE CONCRETO SIMPLE $f_c=200$ kg/cm².
- 3.- MURO DE LADRILLO APLANADO INTERIOR Y SI EXISTE NIVEL FREÁTICO DEBERÁ APLANARSE EL LADO EXTERIOR DEL POZO CON MORTERO CEMENTO-ARENA PROPORCION 1:2 CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE 2 cm DE ESPESOR Y JUNTEADO CON MORTERO 1:3.
- 4.- CIMENTACIÓN DE CONCRETO REFORZADO $f_c = 200$ kg/cm², CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL, HASTA 10 cm SOBRE EL LOMO DE LA TUBERÍA INFLUENTE, ARMADO CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 6"x 6" CALIBRE 10.
- 5.- LAS TUBERÍAS INFLUENTES Y EFLUENTES AL POZO SERÁN DE PAD Y PVC O MATERIAL SIMILAR.
- 6.- MEDIA CAÑA A BASE DE CONCRETO SIMPLE $f_c=200$ kg/cm², HASTA EL LOMO DE LA TUBERÍA EFLUENTE.
- 7.- ANILLO DE CONCRETO REFORZADO $f_c=200$ kg/cm², DE 20 cm DE ESPESOR, CON FIBRA DE POLIPROPILENO Y ACÉLERANTE INTEGRADO, ARMADO CON 3 VARILLAS #3, ESTRIBOS #2 Ø 15CMS CON RECUBRIMIENTO DE 3 cm.
- 8.- PARA TUBOS LISOS, SE DEBERÁN UTILIZAR ADAPTADORES DE PVC CON RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE AGREGADO GRUESO, PARA ENTRONCAR A LOS POZOS DE VISITA, ADEMÁS DEBERÁ TENER INTEGRADO UN EMPAQUE DE NEOPRENO QUE CUMPLA CON LAS NORMAS NOM-001-CONAGUA-2011 DE HERMETICIDAD.
- 9.- DALA DE DESPLANTE DE MURO DE CONCRETO $f_c=200$ kg/cm², HASTA 10 cm SOBRE EL LOMO DE LA TUBERÍA DEL INFLUENTE, ARMADO CON MALLA ELECTROSOLDADA DE 6" x 6" CALIBRE 10.

ANEXO : POZO DE VISITA ESPECIAL

CLAVE : APL-7.2



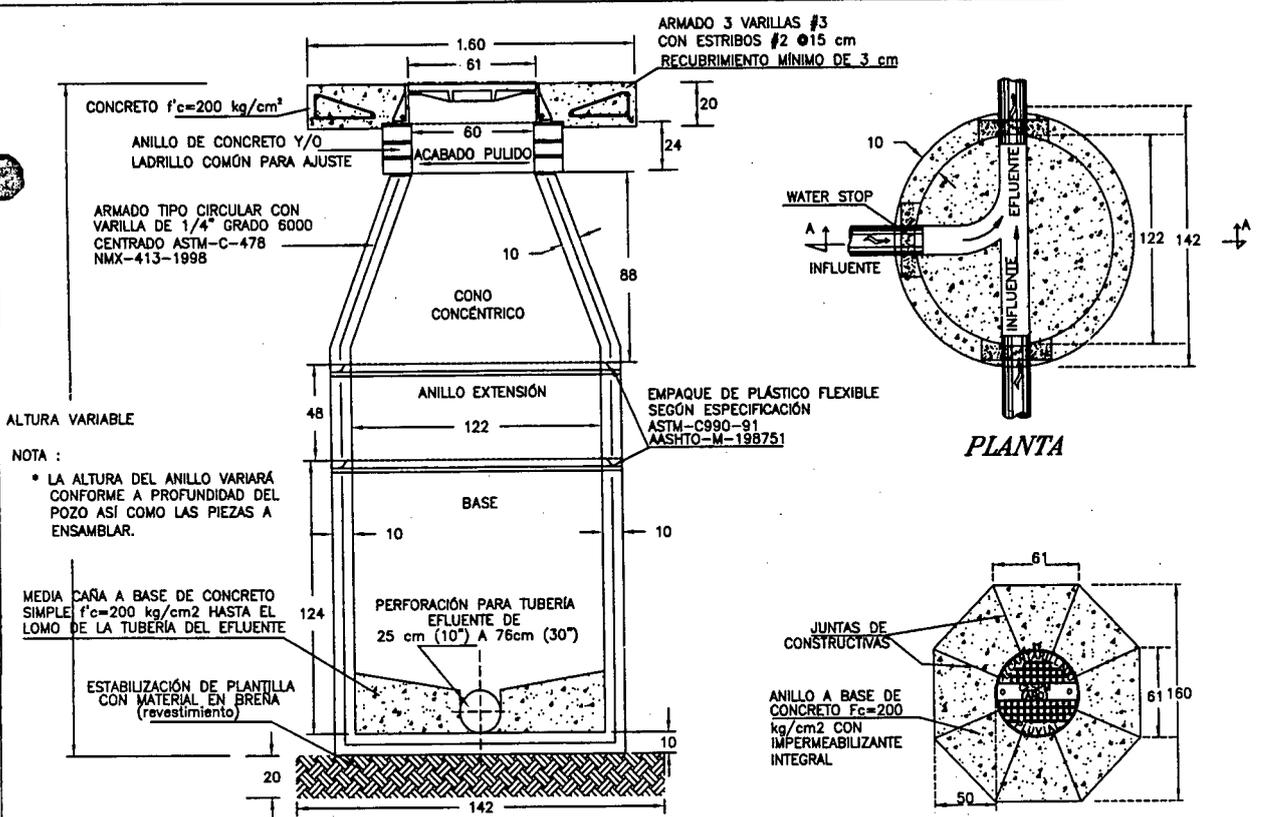
LISTA DE MATERIALES

CORRUIS TIPO	DIMENSIONES								LONG. TOT. (cm)	LONG. NETO (cm)	#	PESO (kg)
	a	b	c	d	e	f	g	h				
A1	245	80	25	35	45	80	1	15	118	118	1	118
A2	110	110	70	35	45	80	1	110	110	110	1	110
A3	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A4	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A5	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A6	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A7	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A8	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A9	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A10	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A11	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A12	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A13	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A14	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A15	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A16	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A17	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A18	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A19	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A20	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A21	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A22	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A23	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A24	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A25	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A26	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A27	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A28	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A29	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A30	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A31	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A32	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A33	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A34	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A35	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A36	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A37	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A38	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A39	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A40	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A41	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A42	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A43	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A44	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A45	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A46	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A47	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A48	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A49	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A50	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A51	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A52	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A53	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A54	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A55	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A56	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A57	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A58	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A59	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A60	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A61	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A62	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A63	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A64	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A65	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A66	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A67	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A68	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A69	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A70	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A71	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A72	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A73	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A74	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A75	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A76	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A77	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A78	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A79	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A80	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A81	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A82	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A83	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A84	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A85	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A86	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A87	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A88	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A89	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A90	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A91	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A92	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A93	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A94	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A95	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A96	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A97	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A98	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A99	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110
A100	110	110	110	70	35	45	80	1	110	110	1	110

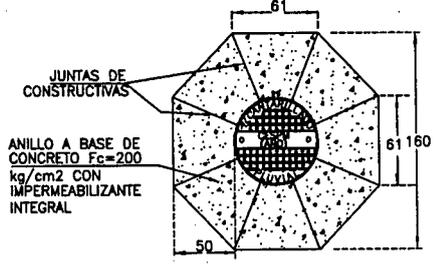
ANEXO : POZO CAJA UNION CLAVE : APL-7.4

NOTAS:

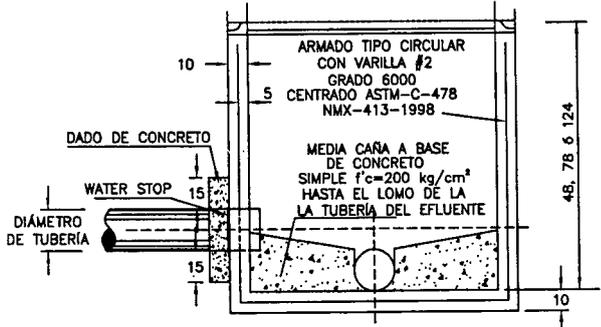
- ACOMODARSE EN CENTIMETROS.
- LA RESISTENCIA DEL CONCRETO SERA $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.
- LA RESISTENCIA DEL ACERO SERA $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
- A TODO EL CONCRETO SE LE ADOBORARA IMPERMEABILIZANTE.
- LAS DISTANCIAS EN LAS VARILLAS SON DE CENTRO A CENTRO.
- EN LA MERA CADA SE UNIZARA CONCRETO $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.
- EN LA LONGITUD DE LAS VARILLAS ESTA INCLUIDO EL GANCHOS.
- CONCRETO Y MORTERO



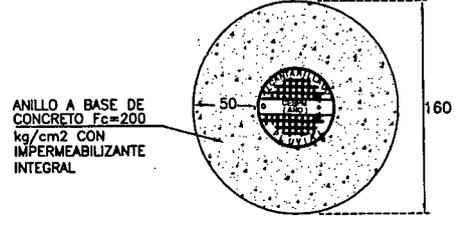
CORTE A-A'



ANILLO DE CONCRETO ARMADO
TIPO OCTAGONAL
(A JUICIO DEL ORGANISMO OPERADOR)



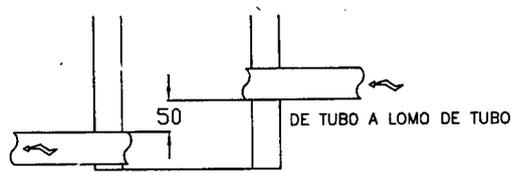
SECCIÓN



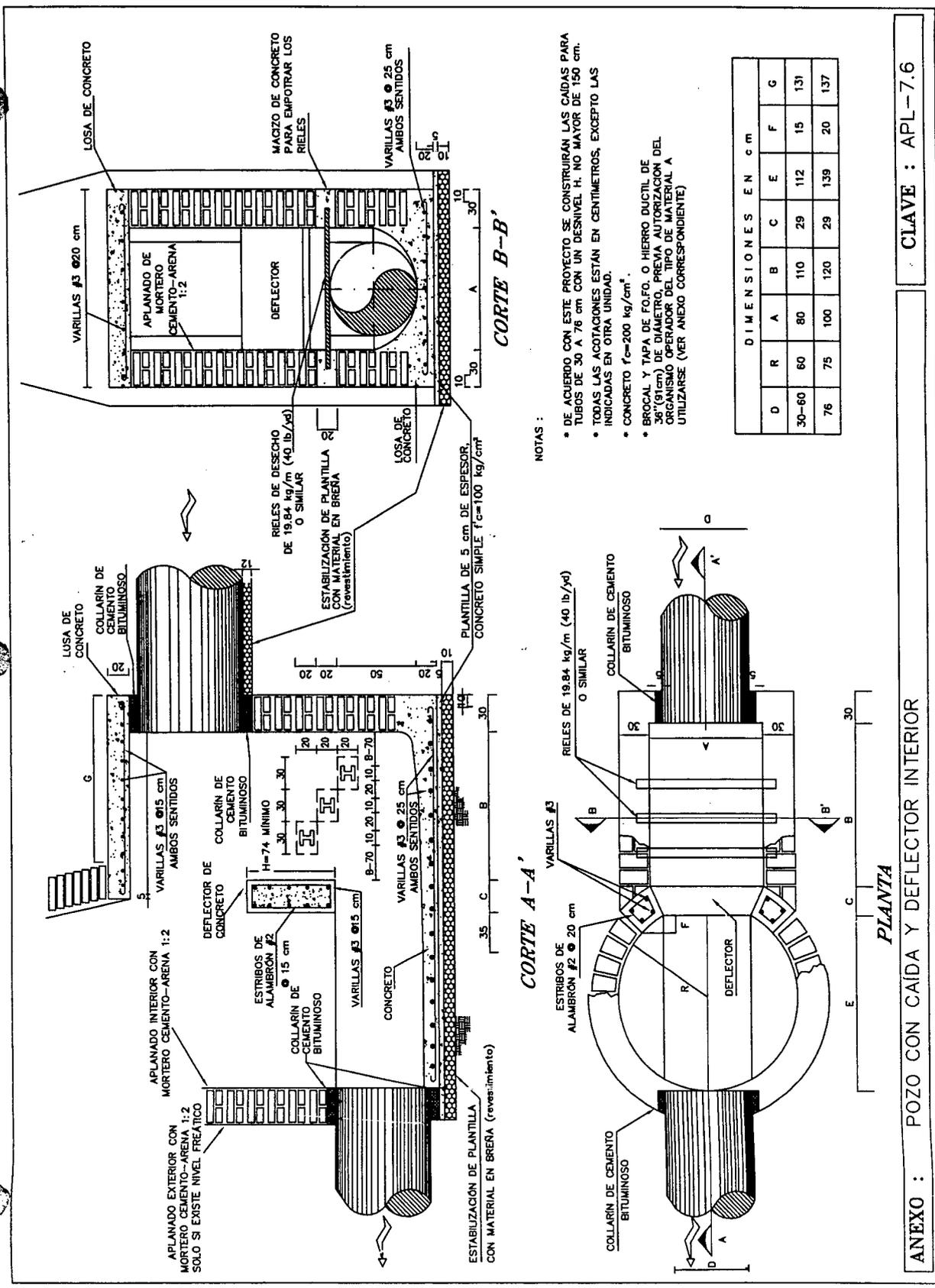
ANILLO DE CONCRETO ARMADO
TIPO CIRCULAR
(A JUICIO DEL ORGANISMO OPERADOR)

NOTAS :

- ACOTACIONES EN CENTÍMETROS EXCEPTO LO INDICADO EN OTRA UNIDAD.
- LOS POZOS DE VISITA PREFABRICADOS DE CONCRETO $f'_c=280$ kg/cm², DEBERÁN CUMPLIR CON LA NORMA MEXICANA NMX-C-413-1998-ONNCE.
- EL AJUSTE DE LADRILLO APLANADO INTERIOR MORTERO CEMENTO-ARENA PROPORCIÓN 1:2 CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE 2 cm DE ESPESOR.
- EL USO DE TAPA CIEGA O REJILLA QUEDARÁ A JUICIO DE LA AUTORIDAD CORRESPONDIENTE.
- ANILLO DE CONCRETO TIPO OCTAGONAL O CIRCULAR CON FIBRA DE POLIPROPILENO Y ACELERANTE INTEGRADO, LA GEOMETRÍA DEL ANILLO QUEDARÁ A JUICIO DEL ORGANISMO OPERADOR.
- EL USO DEL POZO DE VISITA PREFABRICADO DE CONCRETO, EN ALCANTARILLADO PLUVIAL DEBERÁ ASEGURAR, LA HERMETICIDAD NOM-001-CONAGUA-2011 DE LA ESTRUCTURA Y DE LA CONEXIÓN DE LA TUBERÍA.
- EN ZONAS NO PAVIMENTADAS, EL NIVEL DEL BROCAL Y TAPA DEBERA SER 10 cm POR DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.
- TODOS LOS CONCRETOS Y MORTEROS DEBERÁN SER ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II.
- BROCAL Y TAPA DE Fo.Fo. O HIERRO DUCTIL DE 24" DE DIÁMETRO, PREVIA AUTORIZACION DEL ORGANISMO OPERADOR DEL TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE (VER ANEXO CORRESPONDIENTE).



CAIDA PERMITIDA



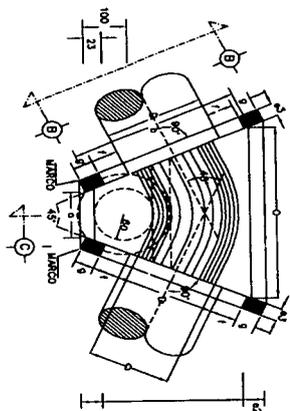
- NOTAS :
- DE ACUERDO CON ESTE PROYECTO SE CONSTRUIRÁN LAS CAIDAS PARA TUBOS DE 30 A 76 cm CON UN DESNIVEL H. NO MAYOR DE 150 cm.
 - TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN CENTIMETROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.
 - CONCRETO $f_c=200 \text{ kg/cm}^2$.
 - BROCAL Y TAPA DE FO.FO. O HIERRO DUCTIL DE 36" (91cm) DE DIAMETRO, PREMA AUTORIZACION DEL ORGANISMO OPERADOR DEL TIPO DE MATERIAL A UTILIZARSE (VER ANEXO CORRESPONDIENTE)

DIMENSIONES EN cm							
D	R	A	B	C	E	F	G
30-60	60	80	110	29	112	15	131
76	75	100	120	29	139	20	137

CLAVE : APL-7.6

ANEXO : POZO CON CAIDA Y DEFLECTOR INTERIOR

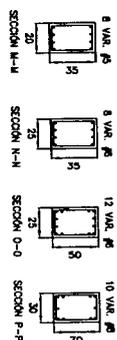
PLANTA SEGUN CORTE A-A



TIPO DE VARILLAS

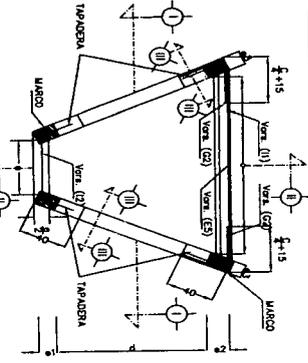
TPO	CRONOS	TPO	CRONOS
E	1	J	1
F	1	K	1
G	1	L	1
H	1		

ARMADO DE MARCOS

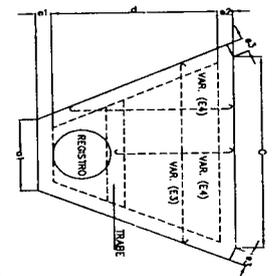


PLANTA ARMADO HORIZONTAL DE MUROS

CAJA	TPO	VAR. (1)	VAR. (2)	VAR. (3)	VAR. (4)	VAR. (5)	VAR. (6)	VAR. (7)	VAR. (8)	VAR. (9)	VAR. (10)
A2	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4
B1	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4

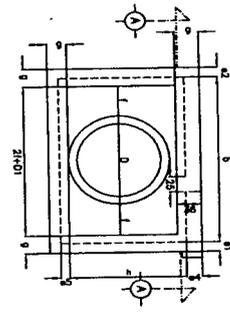


ARMADO DE LOSA DE TECHO

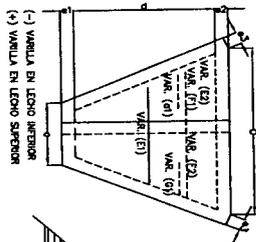


CAJA	TPO	VAR. (3)	VAR. (4)	VAR. (5)	VAR. (6)
A2	4	25	4	25	4
B1	4	25	4	25	4

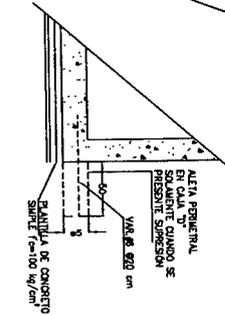
VISTA LATERAL B-B



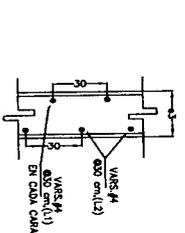
ARMADO DE LOSA DE FONDO



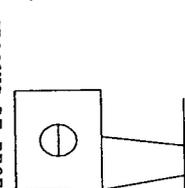
DETALLE PARA CAJA "D"



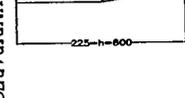
CORTE II II ARMADO DE TAPADERAS



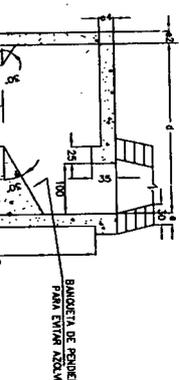
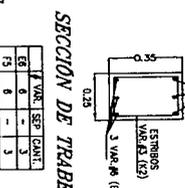
ARMADO DE TAPADERAS



CROQUIS DE PROFUNDIDADES



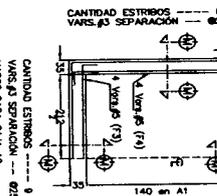
LIMITES



ELEVACION SEGUN CORTE C-C

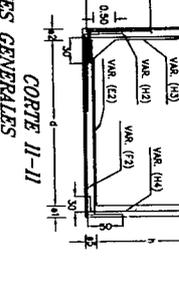
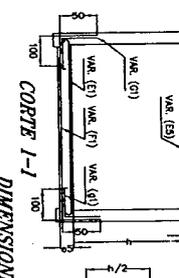
ARMADO SEGUN CORTES I-I Y II-II

CAJA	TPO	LECHO SUPERIOR					LECHO INTERIOR				
		VAR. (E1)	VAR. (E2)	VAR. (F1)	VAR. (G1)	VAR. (H1)	VAR. (F2)	VAR. (G2)	VAR. (H2)	VAR. (I2)	VAR. (J2)
A2	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4
B1	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4



ARMADO SEGUN CORTES I-I Y II-II

CAJA	TPO	VAR. (H-1)	VAR. (H-2)	VAR. (H-3)	VAR. (H-4)	VAR. (H-5)	VAR. (H-6)	VAR. (H-7)	VAR. (H-8)	VAR. (H-9)	VAR. (H-10)
A2	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4
B1	4	25	4	25	4	25	4	25	4	25	4



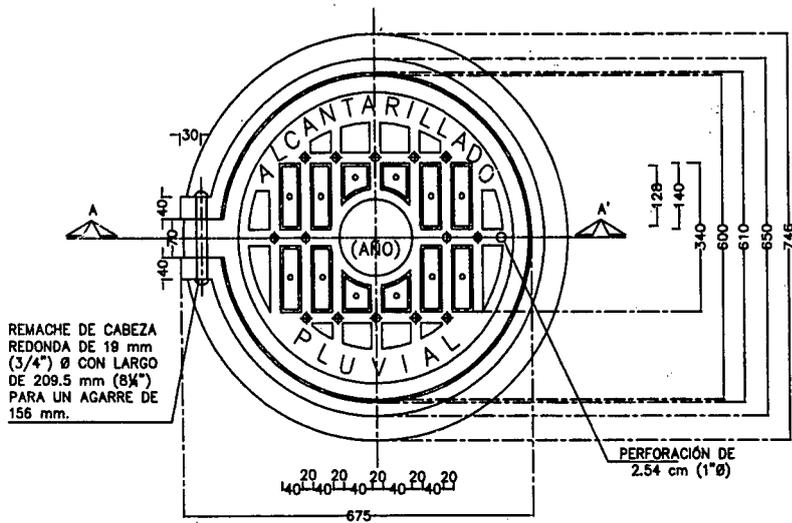
DIENSIONES GENERALES

CAJA	TPO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
A2	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B1	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

NOTAS:

- CONCRETO DE COMPRESION
- CONCRETO f'c=200 kg/cm² con REESTRUCTURADO DE 8 A 10 cm.
- TAMBO DE LAJADO DEL ABOVEDADO 2.54 cm (1"), TODO EL CONCRETO SERA VIBRADO Y COLADO CON MEBRANAS.
- EL RELLENO APOYANDOSE EN LA PANTALLA DE LA ESTRUCTURA SE CONSTRUYERA SOBRE UNA PANTALLA DE 1 m DE ANCHO Y 20 cm DE ALTO.
- LA ESTRUCTURA SE CONSTRUYERA SOBRE UNA PANTALLA DE 1 m DE ANCHO Y 20 cm DE ALTO.
- LAS CAJAS ESTAN DISEÑADAS PARA SOPORTAR UNA CARGA DE VIENTO TIPO H-20 Y UNA SUPERFICIE CON NIVEL FRENADO DE 1 m BAJO EL TERRENO NATURAL.
- SE CONSIDERA UNA TAPADERA DE TRABAJO DEL TERRENO EN EL CENTRO DE LA CAJA.
- A TODO EL CONCRETO SE LE AGREGARA IMPERMEABILIZANTE BITUMINOSO.
- EL REFORZAMIENTO GENERAL DE VARILLAS SERA DE 5 cm. ENTONCES DEL REFORZAMIENTO GENERAL DE VARILLAS SERA DE 5 cm. ENTONCES DEL REFORZAMIENTO GENERAL DE VARILLAS SERA DE 5 cm. ENTONCES DEL REFORZAMIENTO GENERAL DE VARILLAS SERA DE 5 cm.

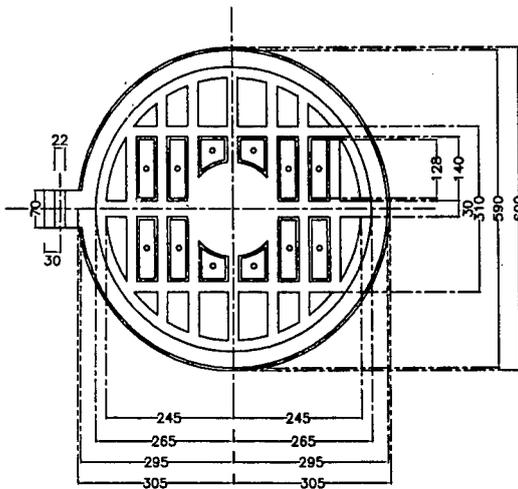
ANEXO : POZO CAJA DEFLEXION CLAVE : APL-7.7



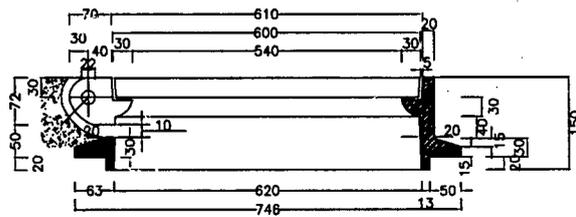
PLANTA

TAPA Y BROCAL DE Fo.Fo. DE 61 cm Ø CON BISAGRA

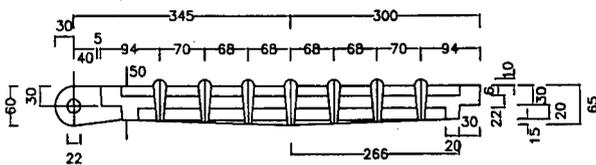
SIN ESCALA



DETALLE DE LA TAPA



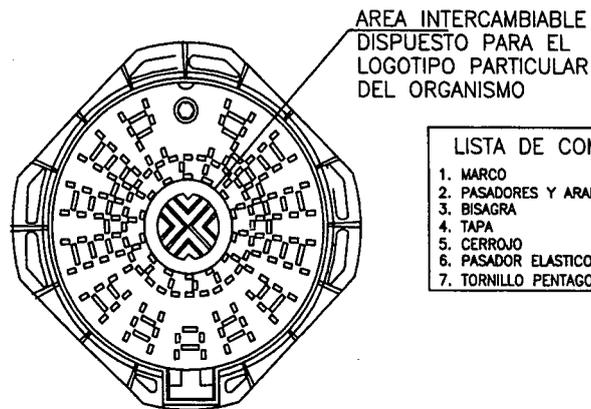
CORTE DEL BROCAL A-A'



CORTE DE LA TAPA A-A'

NOTAS :

- ACOTACIONES EN MILÍMETROS.
- TAPA DE Fo.Fo. DE 87 kg DE PESO.
- BROCAL DE Fo.Fo. DE 72 kg DE PESO.
- CONJUNTO DE Fo.Fo. DE 159 kg DE PESO.
- SE ACEPTARÁ COMO MÍNIMO UNA VARIACIÓN EN MENOS DEL 6%.
- EL USO DE LA TAPA CON REJILLA PREVA AUTORIZACIÓN DE LA AUTORIDAD CORRESPONDIENTE.



- LISTA DE COMPONENTES
1. MARCO
 2. PASADORES Y ARANDELAS
 3. BISAGRA
 4. TAPA
 5. CERROJO
 6. PASADOR ELASTICO
 7. TORNILLO PENTAGONAL

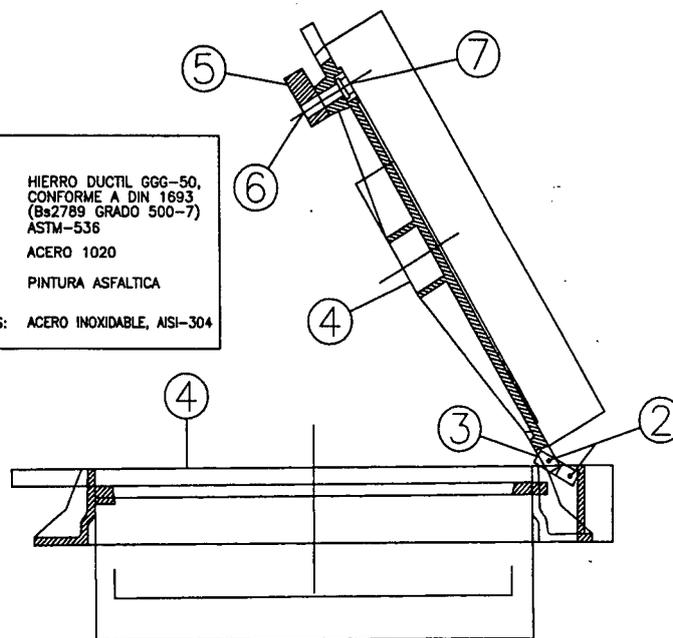
MATERIALES:

MARCO, TAPA,
CERROJO, BISAGRA: HIERRO DUCTIL GGG-50,
CONFORME A DIN 1693
(Bs2789 GRADO 500-7)
ASTM-536

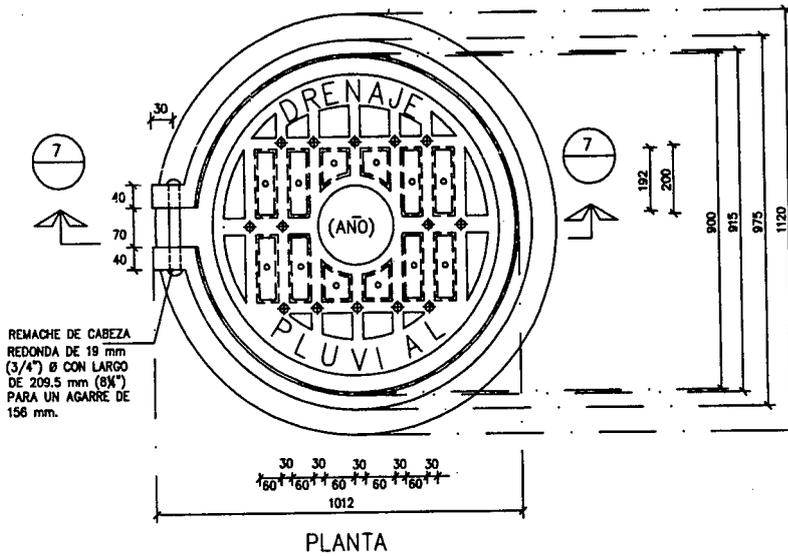
TORNILLO HEXAGONAL: ACERO 1020

RECUBRIMIENTO MARCO
Y TAPA: PINTURA ASFALTICA

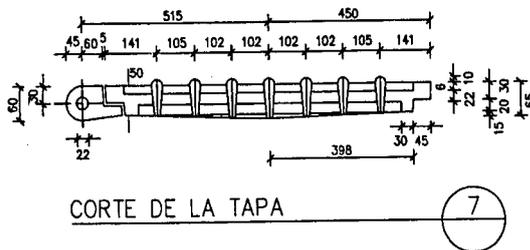
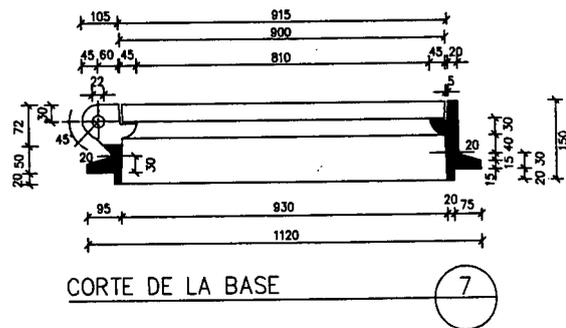
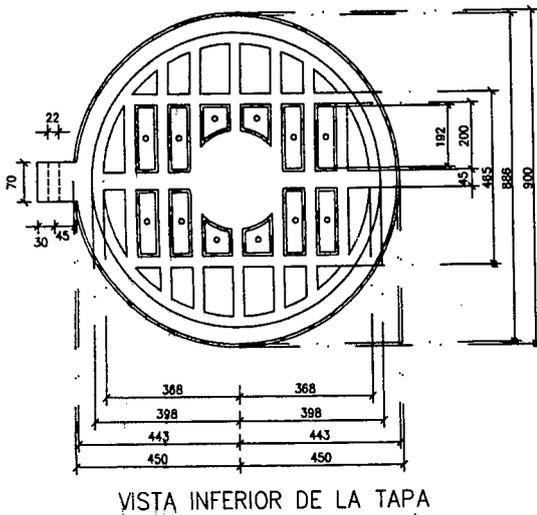
ARANDELAS, PASADORES: ACERO INOXIDABLE, AISI-304



ØA mm	ØB mm	ØC mm	d mm	e mm	f mm	g mm	PESO Kg.
605	665	665	25	66	25	108	73

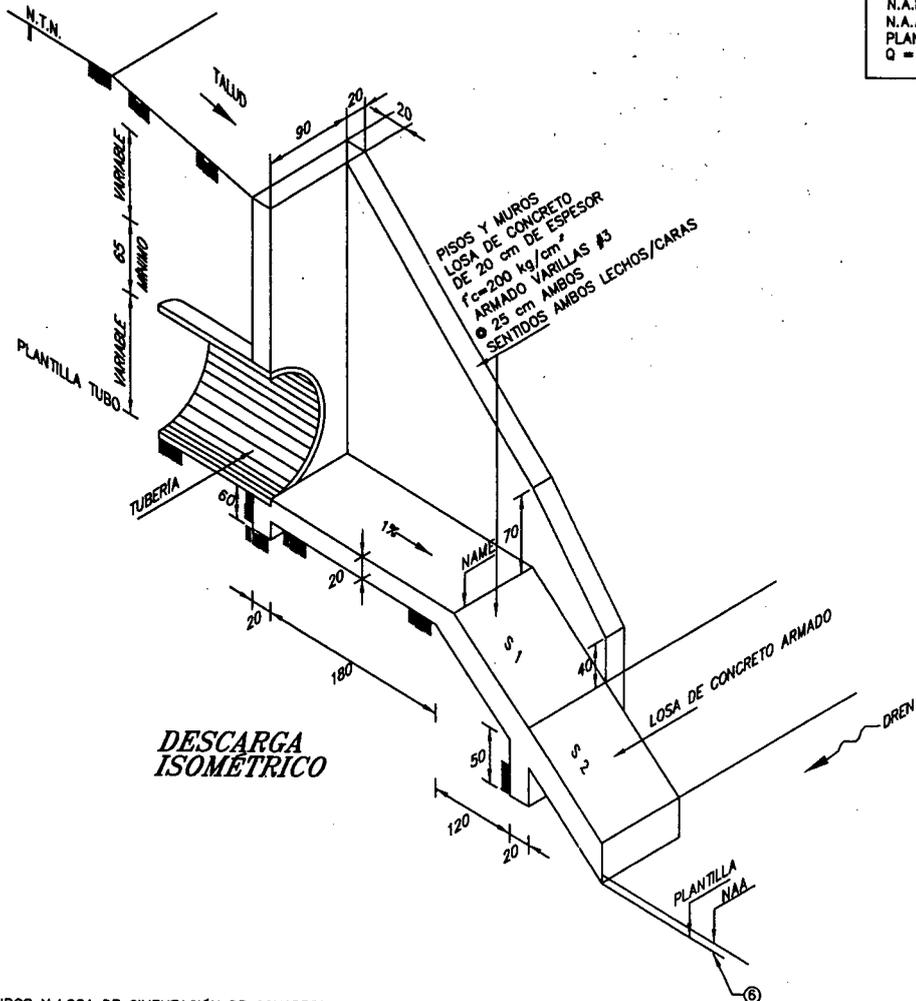


TAPA Y BROCAL DE Fo.Fo. DE 91 cm Ø CON BISAGRA
SIN ESCALA

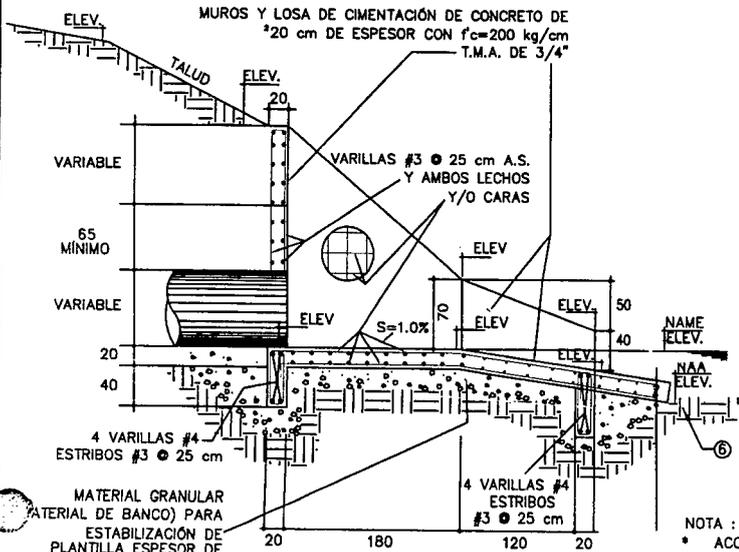


- NOTAS :
- ACOTACIONES EN MILIMETROS.
 - TAPA DE Fo.Fo. DE 154 kg DE PESO.
 - BROCAL DE Fo.Fo. DE 152 kg DE PESO.
 - CONJUNTO DE Fo.Fo. DE 306 kg DE PESO.
 - SE ACEPTARÁ COMO MÍNIMO UNA VARIACIÓN EN MENOS DEL 6%.
 - EL USO DE LA TAPA CON REJILLA PREVIÁ AUTORIZACIÓN DE LA AUTORIDAD CORRESPONDIENTE.

DATOS DE DESCARGAS	
DESCARGA	
N.A.M.E. =	
N.A.A. =	
PLANTILLA DREN =	
Q =	



DESCARGA ISOMÉTRICO



CORTE SIN ESCALA

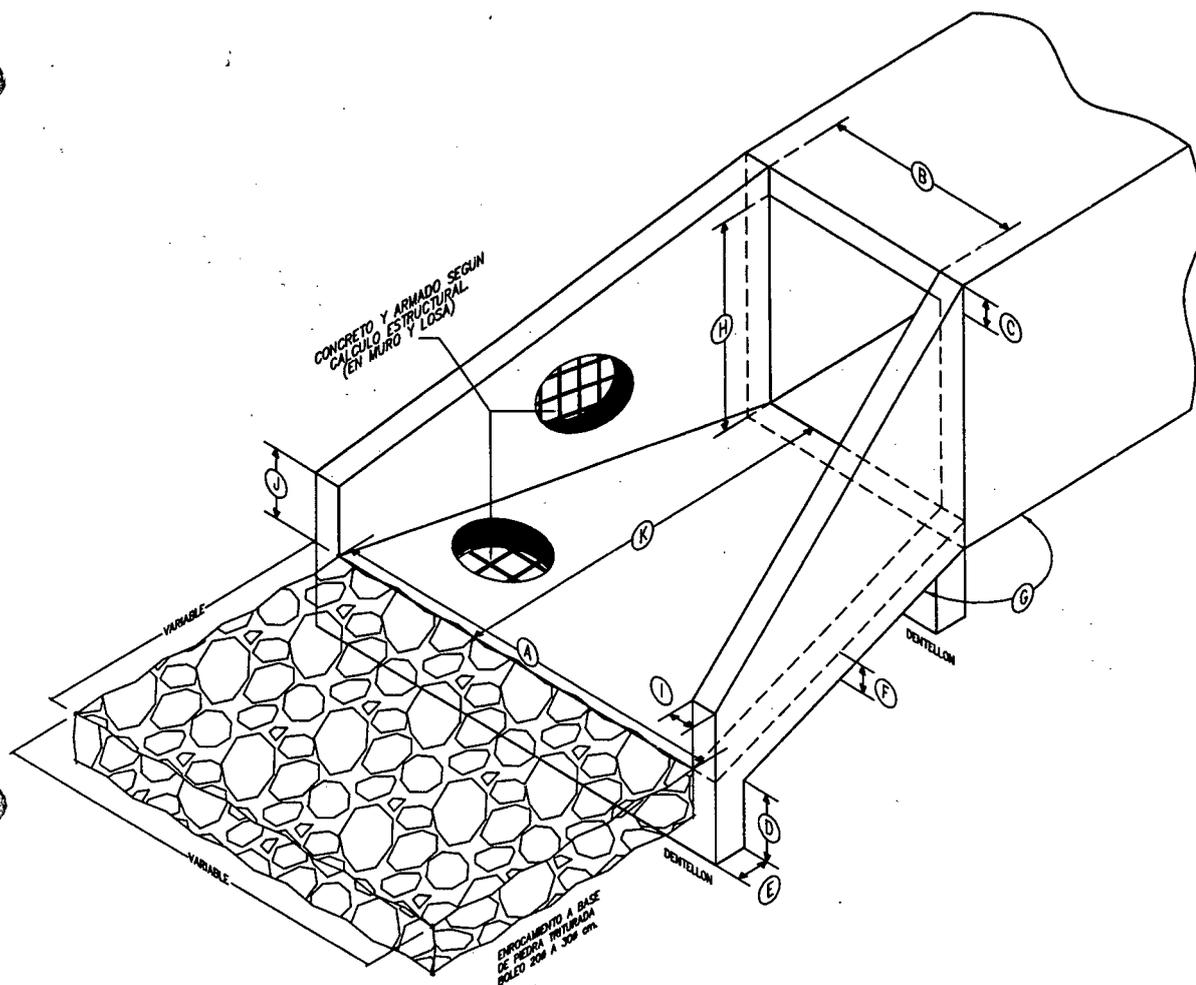
ESPECIFICACIONES	
1.-	LOS MUROS Y LOSA DE CIMENTACIÓN SERÁN DE CONCRETO $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ ARMADOS CON VARILLAS DE #3 Ø25 cm EN AMBOS SENTIDOS Y DOBLE PARRILLA.
2.-	LOS DENTELLONES SERÁN DE CONCRETO $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ ARMADOS CON 4 VARILLAS DEL #4 Y ESTRIBOS DEL #3 Ø25 cm.
3.-	LA PLANTILLA SE CONSTRUIRÁ CON MATERIAL GRANULAR EN UN ESPESOR DE 30 cm COMPACTADO AL 90% DE SU P.V.S.M. PRUEBA PORTER.
4.-	TODOS LOS CONCRETOS DEBERÁN SER ELABORADOS CON CEMENTO TIPO II.
5.-	"S 2" PUEDE SER IGUAL O MAYOR QUE "S 1".
6.-	ENROCAMIENTO A BASE DE PIEDRA TRITURADA BOLEO DE 20 A 30 CMS. DE DIAMETRO, EN LA PLANTILLA DEL CUERPO RECEPTOR DE DIMENSIONES VARIABLES Y AUTORIZADA POR EL ORGANISMO OPERADOR.

NOTA :

- ACOTACIONES EN CENTÍMETROS EXCEPTO LO INDICADO EN OTRA UNIDAD.
- LOS ARMADOS Y RESISTENCIA DEL CONCRETO INDICADOS EN LA TABLA DE ESPECIFICACIONES SON LOS MÍNIMOS NECESARIOS, POR LO QUE SE DEBERA PRESENTAR EL CALCULO ESTRUCTURAL AL ORGANISMO OPERADOR PARA SU AUTORIZACION CORRESPONDIENTE.

ANEXO : ESTRUCTURA DE DESCARGA PLUVIAL

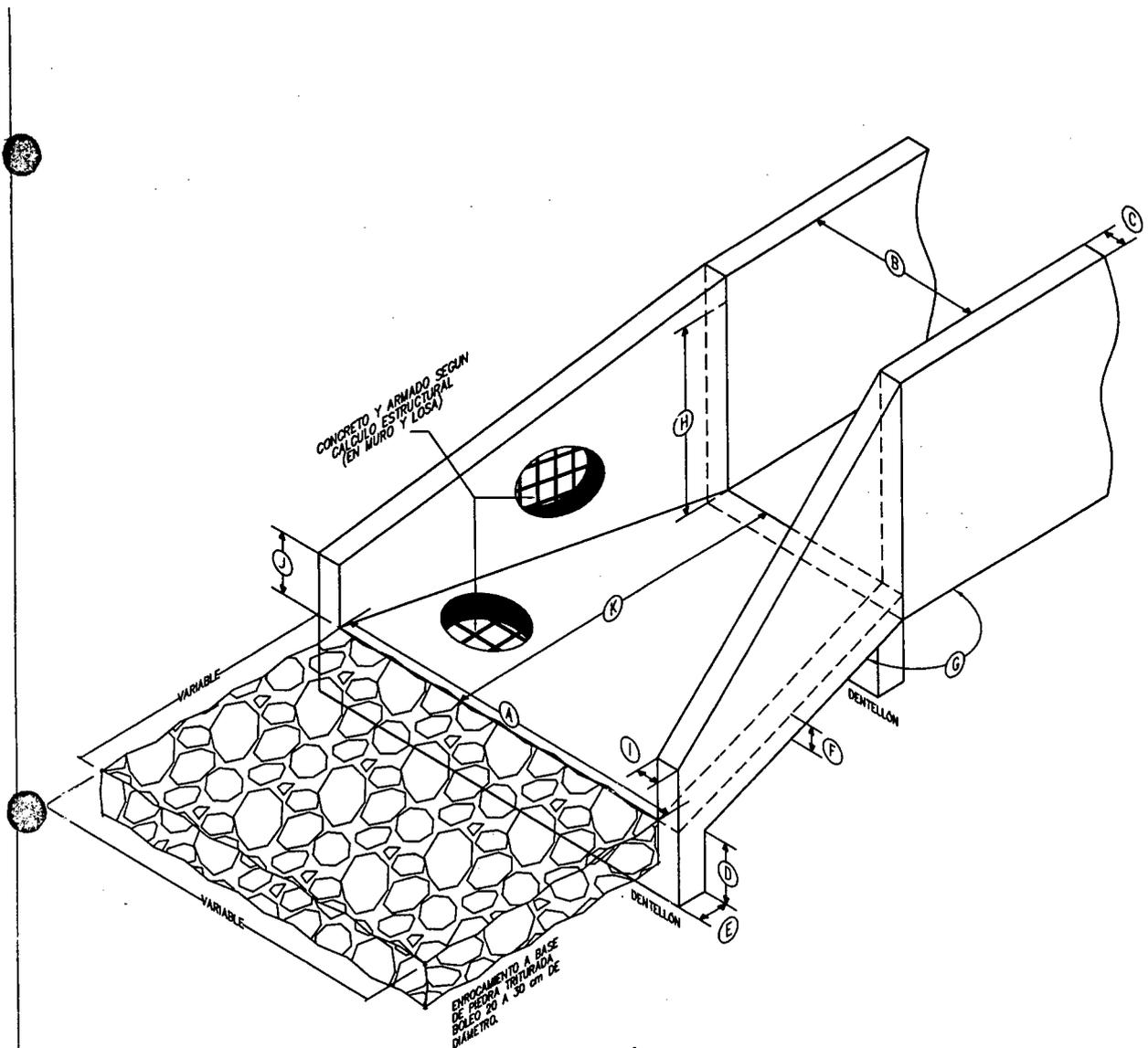
CLAVE : APL-8.1



OBRA DE CAPTACION Y DESCARGA

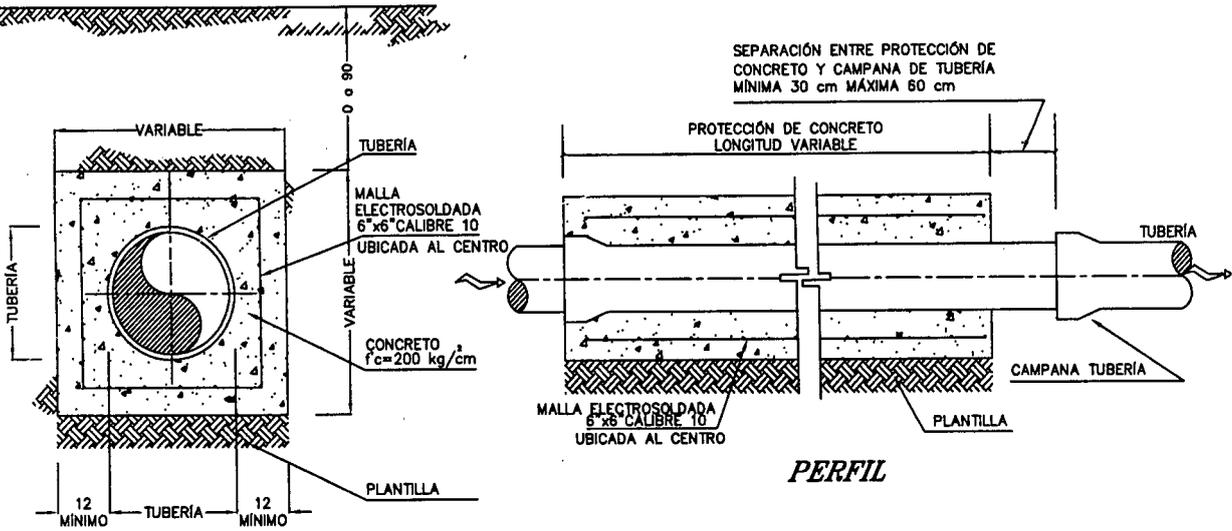
SIN ESCALA

OBRA DE CAPTACION Y DESCARGA	
VARIABLE	DIMENSION (m)
A	VARIABLE
B	VARIABLE
C	VARIABLE
D	VARIABLE
E	VARIABLE
F	VARIABLE
G	VARIABLE
H	VARIABLE
I	VARIABLE
J	VARIABLE
K	VARIABLE

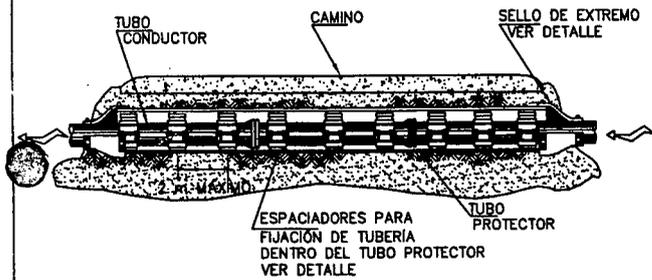


OBRA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
SIN ESCALA

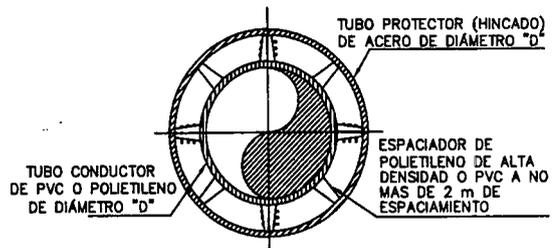
OBRA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA	
VARIABLE	DIMENSIÓN (m)
A	VARIABLE
B	VARIABLE
C	VARIABLE
D	VARIABLE
E	VARIABLE
F	VARIABLE
G	VARIABLE
H	VARIABLE
I	VARIABLE
J	VARIABLE
K	VARIABLE



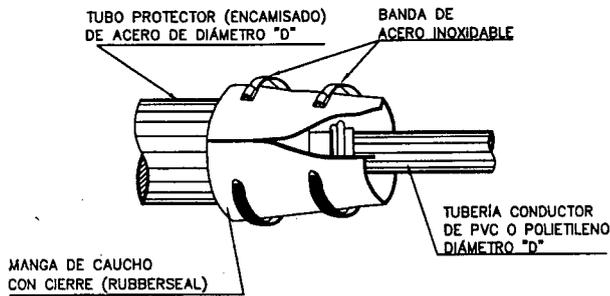
SECCIÓN PROTECCIÓN DE CONCRETO PARA TUBERÍA
SIN ESCALA



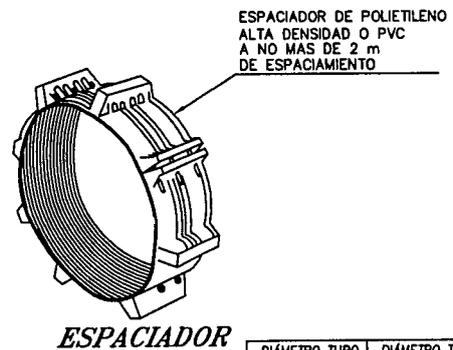
ENCAMISADO DE TUBERÍA DE ACERO
SIN ESCALA



SECCIÓN



SELLO EN EXTREMOS



ESPACIADOR

NOTAS :
 • ACOTACIÓN EN CENTIMETROS.
 • RECUBRIMIENTO MÍNIMO DEL ACERO 7.5 cm

DIÁMETRO TUBO CONDUCTOR		DIÁMETRO TUBO PROTECTOR	
(cm)	(pulg)	(cm)	(pulg)
20	8	38	15
25	10	45	18
30	12	53	21
38	15	61	24
41	16	61	24
45	18	61	24
53	21	76	30
61	24	76	30
69	27	91	36
76	30	107	42
91	36	122	48

CÁLCULO DE DIÁMETRO ECONÓMICO

PROYECTO: _____ FECHA: _____
 CALCULO: _____
 REVISO: _____

Diámetro Interior:	Área en m ²	Velocidad en m/s	Long. línea en m	Constante de fricción Williams o de Manning (C)	Pérdidas por fricción hf	CARGA ESTÁTICA C.E. (m)	O x hft (0 en l/p)	70 < n < 80 76 * n n = 75 %	Qhft hp = 76 x n
mm	m ²	m/s	(L)	(C)	hf	(m)			
mm									

GOLPE DE ARIETE

Presión de trabajo tubería Kg/cm ²	Espesor de la pared del tubo (e) cm	V en m/s	Es x d	Et x e	Es x d	Et x e	Sobrepresión m absorbida por válvula 80 % ΔH	Sobrepresión m absorbida por tubería 20 % ΔH	Presión total 20 % ΔH + carga normal de operación.
		145.26 x V	$1.4 \frac{Es \times d}{Et \times e}$	$\frac{Es \times d}{Et \times e}$	$\frac{Es \times d}{Et \times e}$	$\frac{Et \times e}{Es \times d}$	$\Delta H = \frac{145.26 \times V}{\sqrt{1 + \frac{Esd}{Ete}}}$		

Velocidad inicial del agua (m/s) Es = Modulo de elasticidad del agua (20670 kg/cm²) Et = Modulo de elasticidad de las paredes del tubo (para asbesto - cemento = 328000 kg/cm², para acero = 2100000 kg/cm², para PVC = 30000 kg/cm²) para hierro dúctil = 1700.000 kg/cm²)
 d = Diámetro interior del tubo.

CONCEPTO	Diámetro: mm () Clase:	Unidad	P.U. \$	Importe \$	Diámetro: mm () Clase:	Unidad	P.U. \$	Importe \$	Clase:	P.U. \$	Importe \$
Excavación Material Clase A	m3	m3			m3	m3					
Excavación Material Clase B	m3	m3			m3	m3					
Excavación Material Clase C	m2	m2			m2	m2					
Plantilla episonada	m	m			m	m					
Inst. de junta y prueba de tubería	m3	m3			m3	m3					
Relleno compactado	m3	m3			m3	m3					
Ataques de concreto f'c = 200 Kg/cm ²	Pza.	Pza.			Pza.	Pza.					
Suministro de tubería	m	m			m	m					
Suministro total de conducción ⑤											

RESUMEN

Presión de trabajo de tubería Kg/cm ²	Diámetro nominal:	H.P. ①	Kwh ②	Costo por hora de bombeo \$ ③	Costo anual de bombeo \$ ④	Costo total de Construcción \$ ⑤	Costo anual de amortización (— año al — % anual) ⑥	Costo anual de Bombeo para operación de 365 días. ⑦
	mm							
	Pulg.							
Costo KWH = \$		② = ① x 0.7457 KWH/HP	③ = ② x \$/KWH	④ = ③ x 8760	⑤ = ④ x anualidad	⑦ = ④ + ⑥		

NOTA: El diámetro más económico está dado por el menor costo intermedio en la columna ⑦

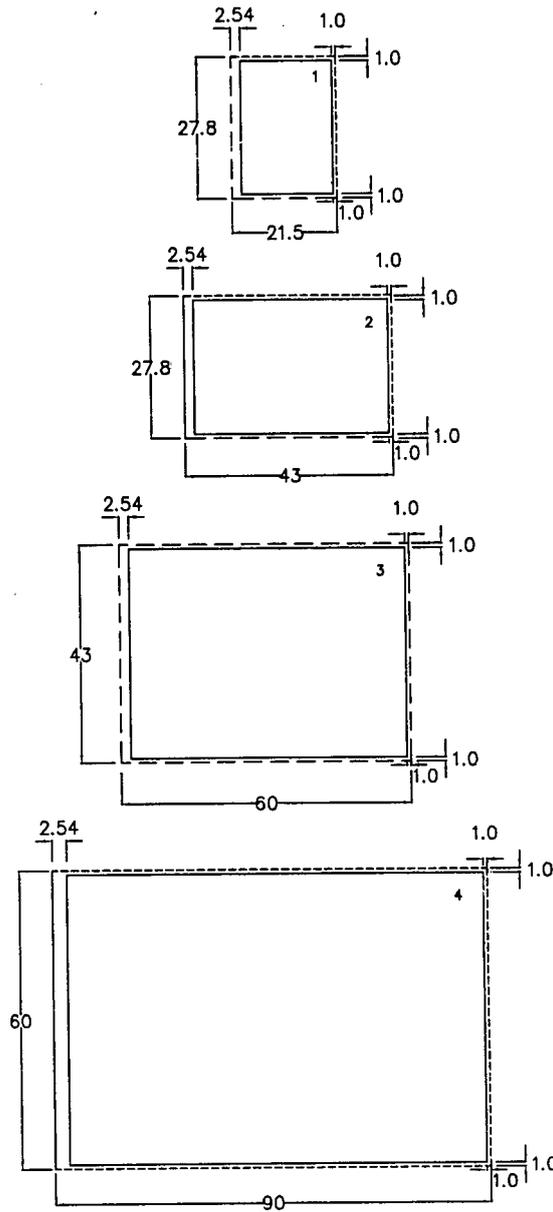
HAZEN-WILLIAMS
 $F = 10.679/D^{1.487}$
 $K = F/C \cdot 1.852$
 $hf = K L Q$

MANNING
 $K = \frac{10.293 \cdot n^2}{D^{(16/3)}}$
 $hf = K L Q$

$a = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$
 $a =$ cargo anual de amortización
 $i =$ Tasa anual de interés
 $n =$ Número de años durante los cuales se efectuó el pago (12 años)

ANEXO : DIÁMETRO ECONÓMICO

CLAVE : APL-10



TIPO	DIMENSIONES (centímetros) (pulgadas)	
1	21.5x27.8	8 1/2"x10 15/16"
2	43x27.8	17"x10 15/16"
3	60x43	24"x17"
4	90x60	36"x24"

NOTAS :

- ACOTACIONES EN CENTÍMETROS.
- EN EL LADO IZQUIERDO DEL CUADRO DE AUTORIZACIÓN SE DEBERÁ DEJAR UN ESPACIO PARA ANOTAR LAS MODIFICACIONES POSTERIORES QUE SE LE HAGAN AL PLANO.
- NO SE ACEPTARÁN DIMENSIONES QUE EXCEDAN A LAS INDICADAS EN LA TABLA.
- LA DIMENSIÓN ENTRE EL CORTE DE LA HOJA DE IMPRESIÓN Y MARCO DEL DIBUJO SERÁ EL INDICADO
- LAS TAMAÑOS Y GROSORES DE LETRAS, SERÁN AQUELLAS QUE AL SACAR FOTOCOPIAS O COPIAS HELIOGRÁFICAS SEAN LEGIBLES.

ANEXO : TAMAÑO DE LOS PLANOS

CLAVE : APL-11

SIMBOLOGIA

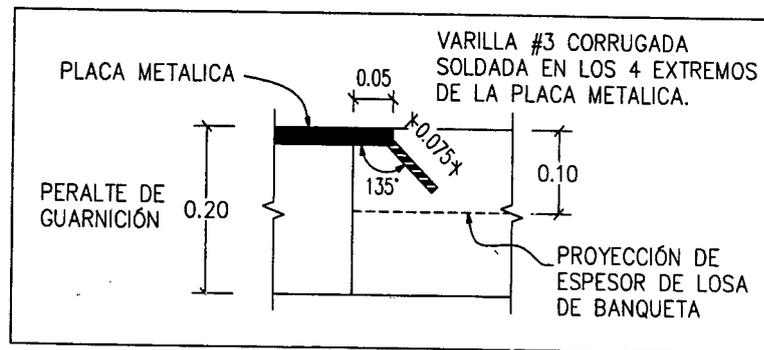
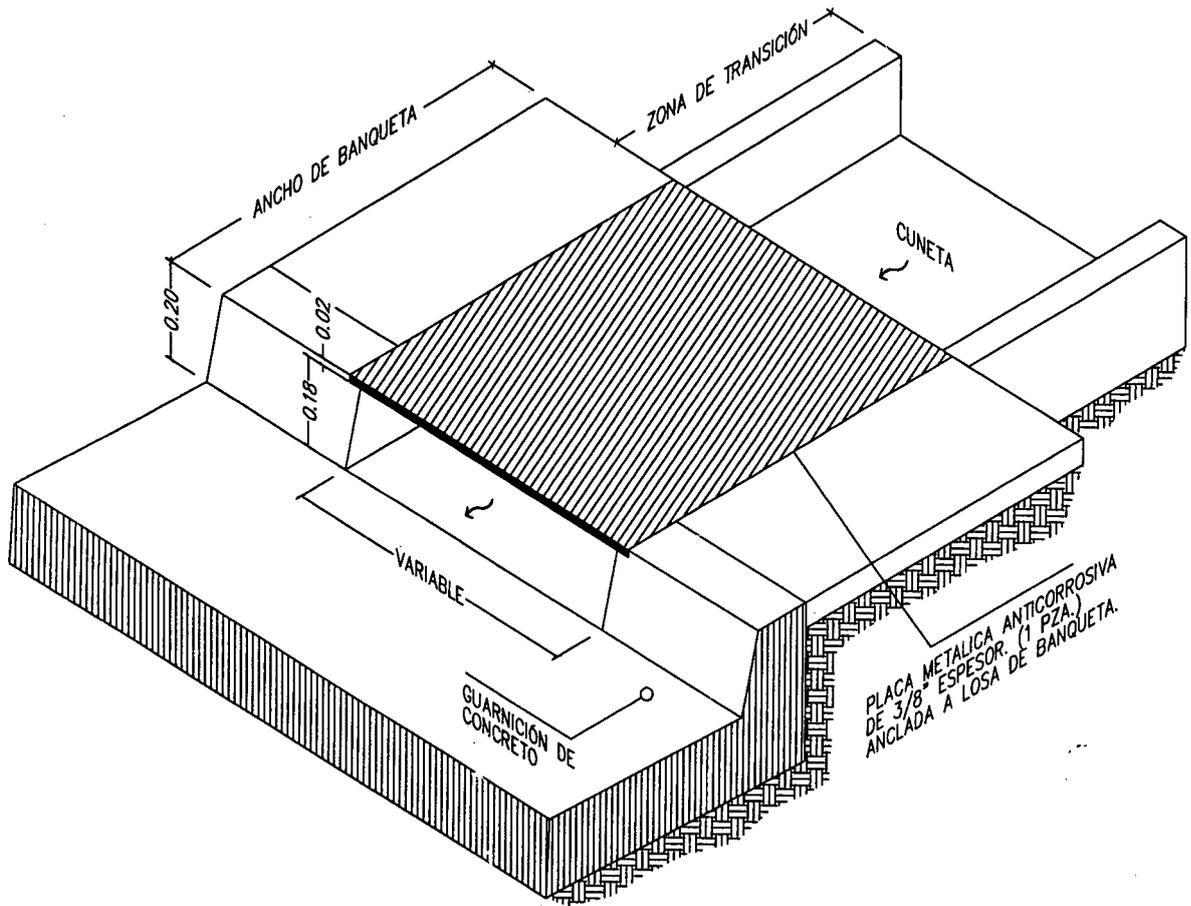
CONCEPTO	PROYECTO	EXISTENTE
ATARJEA		
SUBCOLECTOR		
COLECTOR		
CAJON / CANAL PLUVIAL		
CUNETETA / LAVADERO		
BOCA DE TORMENTA		
BOCA DE TORMENTA MIXTA		
POZO DE CAIDA DIRECTA (c=elevacion de plantilla de tubería)		
POZO DE VISITA COMUN		
POZO DE VISITA ESPECIAL		
POZO CAJA		
POZO CAJA C/CAIDA Y PANT. DEFLECTORA (c=elevacion de plantilla de tubería)		
POZO CON CAIDA ESCALONADA		
POZO CAJA UNION I		
POZO CAJA UNION II		
POZO CAJA DEFLEXION		
PROTECCION CON CONCRETO		
PROTECCION CON GAVIONES		
ENCAMISADO CON TUBO DE ACERO		
REJILLA DE PISO		
CAJA P/CAMBIO DE DIRECCION		
PASO POR BANQUETA		
ESTACION DE BOMBEO		
LINEA DE PRESION		
PENDIENTE LONGITUDINAL EN PORCENTAJE	3.00%	
PENDIENTE TRANSVERSAL EN PORCENTAJE	3.00%	
ESTACION	0+000.00	
ELEVACION DE LA RASANTE	104.57 o	
LIMITE DE AREA TRIBUTARIA		
No. DE AREA TRIBUTARIA	A16	
NODO DE ANALISIS		
TRAMO DE ANALISIS		

NOTA:
LAS TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS EXISTENTES
SERÁN CON SIMBOLO TENUE Y DEBERÁ TENER
LA LEYENDA "EXISTENTE"

SÍMBOLOGIA

CONCEPTO	PROYECTO
LIMITE DE POLIGONO	-----
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO/SECCION (mts) (millar) (cms)	10-14-61
NIVEL DE TAPA ALTURA	$\frac{119.50}{117.00}$ 2.50
NIVEL DE ARRASTRE	
ESCURRIMIENTO	→→→→
CRUCE DE TUBERIAS	
GUARNICION TIPO "L"	
GUARNICION TIPO "I"	
BANCO DE NIVEL	B.N.
PAVIMENTO EXISTENTE	
LOTIFICACION	
PUNTO DE INFLEXIÓN VERTICAL	PIV
PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PC
PRINCIPIO DE TANGENTE	PT
PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL	PCV
PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL	PTV
PASO A DESNIVEL	
POSTE (SERVICIO INDICADO)	
CERCO	- CERCO EXISTENTE -
HIDRANTES	
LÍNEA DE ELECTRICIDAD AEREA	-E-E-E-
LÍNEA DE TELÉFONO	-T-T-T-
GASODUCTO	- GAS - GAS -
OLEODUCTO	- OLEO - OLEO -
CRUCE DE TUBERÍAS	
MURO DE MAMPOSTERÍA	
VÍA DE FERROCARRIL	
ARROYO (corriente superficial de agua)	

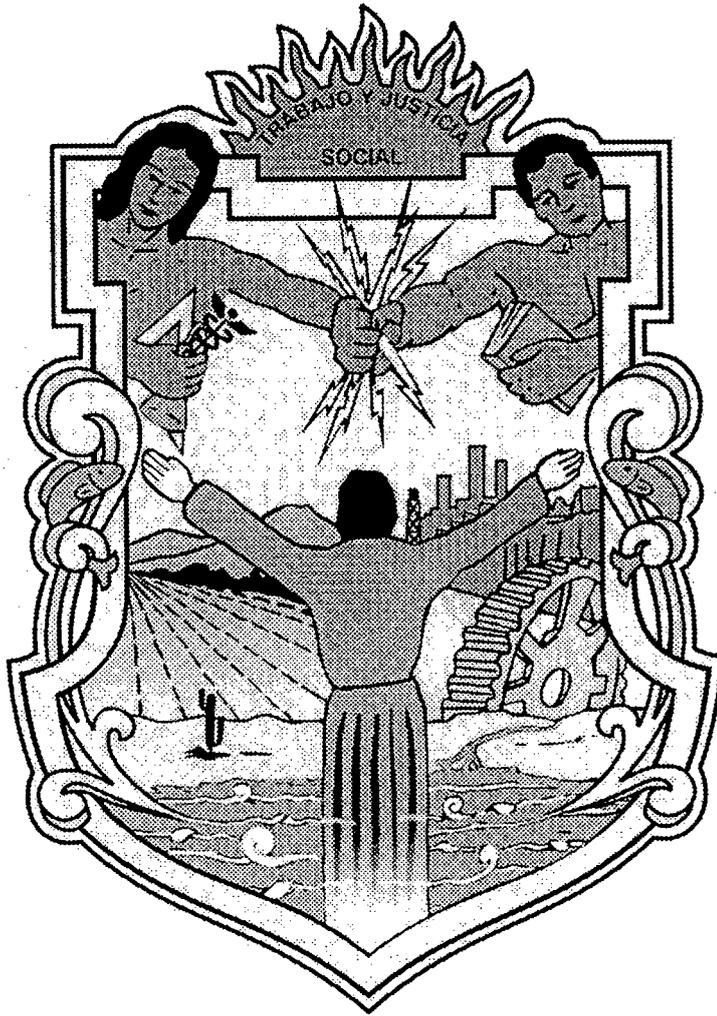
NOTA : LAS TUBERÍAS Y ESTRUCTURAS EXISTENTES
SERÁN CON SÍMBOLO TENUE Y DEBERÁ TENER
LA LEYENDA "EXISTENTE"



DETALLE DE ANCLA
SIN ESCALA / DIMENSIONES EN METROS

ANEXO : VADO POR BANQUETA

CLAVE : APL-13



PERIÓDICO OFICIAL DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA

CUOTAS

EN VIGOR QUE SE CUBRIRAN CONFORME A:

1.- SUSCRIPCIONES Y EJEMPLARES

1.- Suscripción Anual:.....	\$2,471.40
2.- Ejemplar de la Semana:.....	\$ 41.65
3.- Ejemplar Atrasado del Año en Curso:.....	\$ 49.43
4.- Ejemplar de Años Anteriores:.....	\$ 62.14
5.- Ejemplar de Edición Especial:(Leyes, Reglamentos, etc...).....	\$ 88.97

II.- INSERCIONES

1.-Publicación a Organismos Descentralizados, Desconcentrados y Autónomos Federales, Estatales y Municipales, así como a Dependencias Federales y Municipios, por Plana:.....	\$1,708.79
--	------------

No se estará obligado al pago de dicha cuota, tratándose de las publicaciones de: Acuerdos de Cabildo, Leyes de Ingresos, Tablas Catastrales, Presupuestos de Egresos, Reglamentos y Estados Financieros de los Ayuntamientos del Estado; excepto cuando se trate de **FE DE ERRATAS** a las Certificaciones de Acuerdos de Cabildo de los Ayuntamientos del Estado.

2.-Publicación a Particulares por Plana:.....	\$2,471.40
---	------------

Tarifas Autorizadas por el Artículo 30 de la Ley de Ingresos del Estado para el Ejercicio Fiscal 2013

INFORMACIÓN ADICIONAL

El Periódico Oficial se publica los días VIERNES de cada semana. Solo serán publicados los Edictos, Convocatorias, Avisos, Balances y demás escritos que se reciban en original y copia en la Oficialía Mayor de Gobierno a más tardar **5 (cinco) días hábiles** antes de la salida del Periódico Oficial.

Delegación de Oficialía Mayor
Av. Oriente No. 10252, Zona del Río
Tel:624-20-00 Ext. 2313
Tijuana, B.C.

OFICIALIA MAYOR DE GOBIERNO
Edificio del Poder Ejecutivo, Sótano
Calz. Independencia #994
Centro Cívico. C.P. 21000
Tel: 558-10-00 Ext. 1711 y 1532
Mexicali, B.C.

Delegación de Oficialía Mayor
Av. José Haroz Aguilar No. 2004
Fracc. Villa Turística C.P. 22710
Tel: 614-97-00
Playas de Rosarito, B.C.

Delegación de Oficialía Mayor
Carretera Transpeninsular
Ensenada-La Paz #6500, Ex ejido Chapultepec
Tel: 172-3000, Ext. 3209
Ensenada, Baja California.

Delegación de Oficialía Mayor
Misión Santo Domingo # 1016
Planta Alta Fracc. El Descanso
Tel: 01(665) 103-75-00 Ext. 7569
Tecate, B.C.

DIRECTOR
RAÚL LEGGS VÁZQUEZ

SUBDIRÉCTOR
RICARDO CASIÁN TOPETE

COORDINADOR
JOSÉ ANGEL MEXIA LÓPEZ

Consultas:

www.bajacalifornia.gob.mx
Periodico_oficial@baja.gob.mx
jamexia@baja.gob.mx