



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

---

---

**“DESALOJO DEL AGUA PLUVIAL EN LA  
VIALIDAD DE NEZAHUALCOYOTL DEL  
MUNICIPIO DE PUEBLA, PUE.”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

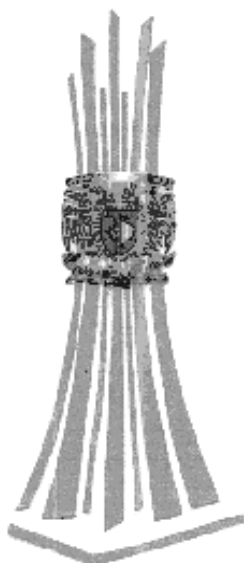
**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A**

**ERENDIRA GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

**DIRECTOR: M. EN I. PATROCINIO ARROYO HERNÁNDEZ**

San Juan de Aragón, Edo. de México febrero de 2009.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## DEDICATORIA.

- ✓ A Dios que permitió terminar mi carrera y que situó al principio de mi vida a esas dos personas que amo tanto, mis padres que formaron de mí una mujer con creencias, sentimientos y valores muy arraigados a la familia.
  
- ✓ A mi madre Cointa González Cervantes, que me entrego todo incondicionalmente, y que me enseñó a valorar cada momento de mi existencia, y a la cual admiro tanto por ser una mujer entregada a todas las cosas que realiza.
  
- ✓ A mi padre Ramón González Cervantes, que me apoyo tanto moralmente como económicamente y el cual me dejó una de las mejores herencias que se puede tener en la vida, la cual siempre voy a recordar por que de ella voy a vivir.
  
- ✓ A esas mujeres que más que hermanas son mis mejores amigas en las cuales confío y amo tanto: Griselda, Nelly, Gabriela y Lizbeth.
  
- ✓ A mis hermanos Oscar, Vidal y José Guadalupe que no escogí, pero si así fuera los escogería de nuevo.
  
- ✓ A mi asesor el M. en I. Patrocinio Arroyo Hernández por todo el apoyo brindado en la elaboración de este proyecto, y por la paciencia que me tuvo.
  
- ✓ A mis amigos, compañeros y profesores que hicieron más fácil este camino gracias a su compañía y a su ayuda.

# **DESALOJO DEL AGUA PLUVIAL EN LA VIALIDAD DE NEZAHUALCOYOTL DEL MUNICIPIO DE PUEBLA, PUE.**

## **INDICE**

Introducción.

Objetivo.

Alcances.

### **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1 Localización.

1.2 Situación actual.

1.3 Normativa.

### **II. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

2.1 Disyuntivas.

2.2 Ventajas y desventajas.

2.3 Solución.

### **III. PROYECTO EJECUTIVO HIDRÁULICO**

3.1 Estudios básicos.

3.2 Análisis hidráulico.

3.3 Planos.

**CONCLUSIONES**

**ANEXOS**

**BIBLIOGRAFIA**

# INTRODUCCIÓN

## INTRODUCCIÓN.

Actualmente notamos que el crecimiento de las ciudades estrechamente ligado a la urbanización de las mismas es permanente, y cada vez se construyen más vialidades que convierten amplias zonas de terrenos en estado natural en nuevas zonas pavimentadas, lo cual provoca un cambio en el comportamiento de los escurrimientos pluviales.

Dicha urbanización afecta el ciclo hidrológico debido a que incrementa el volumen y la velocidad de escurrimiento superficial en el área afectada, tal incremento provoca una mayor intensidad en el área urbana, lo que provoca encharcamientos, inundaciones y en general molestias a la población.

La solución al problema mencionado es un sistema de drenaje que resuelva en forma integral la captación, conducción y desalojo del agua pluvial, además de tomar en cuenta la calidad y cantidad de escurrimiento, ya que la captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y otros usos. Sobre todo si tenemos presente que en muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia, como fuente de abastecimiento.

Idealmente los componentes de los subsistemas de drenaje son parte del gran sistema ambiental urbano y debe considerar todas las interrelaciones importantes.

## **OBJETIVO.**

El objetivo principal de este trabajo, es el de analizar diferentes alternativas, para encontrar la mejor solución al desalojo del agua pluvial sobre la avenida Nezahualcoyotl.

## **ALCANCES.**

El desarrollo de este proyecto implica la ejecución de varias etapas, las cuales están compuestas por las distintas áreas de la Ingeniería Civil, pero solo se tratara aquí el aspecto hidráulico.

Para dar cumplimiento al objetivo trazado, primeramente se inicia por la recopilación de toda la información existente en la zona de interés, empezando con la correcta localización, enseguida se esboza la situación actual del problema, para poder dar un seguimiento al mismo.

Se exponen solo las tres alternativas más significativas, para posteriormente llevar acabo un análisis comparativo de las ventajas y desventajas existentes entre estas opciones, y así poder seleccionar la más idónea y llegar a una solución.

En el último capítulo se desarrolla el Proyecto Hidráulico Ejecutivo que abarca los estudios básicos de topografía, clima, hidrología e hidrografía para después realizar el Análisis Hidráulico basándonos principalmente en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal y en las Normas de Alcantarillado de la Comisión Nacional del Agua, Finalmente se emiten las conclusiones a las que se llegaron con la elaboración del proyecto.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**



# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Localización.

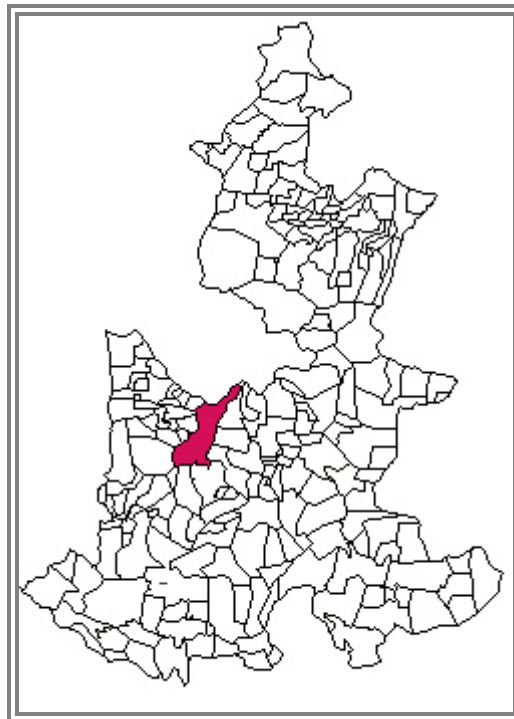


Figura 1.- Municipio de Puebla, Pue.

El municipio de Puebla se localiza en la parte centro oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son: los paralelos  $18^{\circ} 50' 42''$  y  $19^{\circ} 13' 48''$  de latitud norte, y los meridianos  $98^{\circ} 00' 24''$  y  $98^{\circ} 19' 42''$  de longitud occidental. Limita al norte con el estado de Tlaxcala, al sur con los municipios de Santo Domingo Huehuetlán y Teopantlán, al oriente con Amozoc, Cuautinchán y Tzicatlacoyan y al poniente con Cuautlancingo, San Andrés Cholula y Ocoyucan. Tiene una superficie de 524.31 kilómetros cuadrados, que lo ubica en el lugar número 5 con respecto a los demás municipios del Estado.

## 1.2. Situación actual.

El puente Nezahualcóyotl construido a un lado de la unidad habitacional La Margarita con una inversión de más de 36 millones de pesos y que beneficiará a 350 mil habitantes de suroriente de la ciudad porque comunicará la Avenida Las Torres con el Camino al Batán y las colonias como Lomas de San Miguel, La Joya, Tres Cruces, San Alfonso, San Germain, Lomas del Mármol, Lomas del Ángel y La Hacienda.

Se estima que por la nueva vialidad circularán alrededor de 25 mil vehículos por día, con lo cual se disminuirá el congestionamiento en avenidas como la Fidel Velázquez que pasa a la mitad de la unidad habitacional.

La obra consiste en el desarrollo de una vialidad y dos pasos vehiculares que conectarán a la calle Nezahualcóyotl y esta con el Bulevar Municipio Libre. Un paso vehicular esta sobre el río Alseseca y el otro sobre el Aguililla.

A la par del puente se desarrollaron banquetas, señalamientos y el drenaje pluvial de la calle Nezahualcoyotl, siendo este último el motivo de interés del presente trabajo.



Figura 2.- A la izquierda una foto de la calle que desemboca al paso vehicular que cruza el Río Aguililla. A la derecha la subestructura del paso vehicular sobre el Río Alseseca.

### 1.3. Normativa.

Este trabajo se baso principalmente en el manual de alcantarillado pluvial, el cual a su vez forma parte del manual de agua potable y alcantarillado, editado por la Comisión Nacional del Agua ya que ofrece apoyo al profesional encargado tanto de diseñar como proyectar el funcionamiento de una red de Alcantarillado Pluvial.

Mientras que con las Normas del Reglamento del Distrito Federal se pretende fijar los requisitos mínimos de ingeniería para el diseño y ejecución de dicha obra a fin de asegurar su buen funcionamiento, así como establecer recomendaciones en cuanto a los métodos y procedimientos de diseño y construcción.

Es importante señalar que para el diseño tanto de las Estructuras de Tormenta como para los Pozos de Visita Común, también se consideraron los Lineamientos Técnicos de la Comisión Estatal de Aguas de Querétaro.

# **CAPITULO II**

## **ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

## CAPITULO II

# ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

### 2.1 Disyuntivas.

En este punto se hablara de tres posibles alternativas a seguir para poder realizar un diseño hidráulico de la red y colector de alcantarillado pluvial sobre la calle Nezahualcoyotl, y así escoger la alternativa adecuada para una correcta solución que evite encharcamientos, inundaciones y molestias a la población.

#### Alternativa 1

##### “Desalojo Longitudinal”

Esta alternativa consiste en captar el agua que cae sobre el camino en toda la longitud de la vialidad, conducirla por un colector central para posteriormente desalojarla a lo que sería la disposición final, que en este caso corresponde al Río Alseseca.

Se propone entonces, emplear como estructuras de captación bocas de tormenta de piso y banqueta distribuidas a lo largo de toda la vialidad en ambos sentidos y en las calles que desembocan a la calle Nezahualcoyotl se colocaran rejillas para interceptar el flujo e impedir su ingreso a la misma.

La estructura de conducción, será un colector prefabricado de concreto reforzado con sistema de unión espiga-campana, con estructuras de conexión (pozos de visita común) instalados con una distancia prudente que permita su mantenimiento posterior.

El vertido se efectuará al Río Alseseca, mediante un conducto cerrado y su respectivo lavadero.

El desarrollo de esta alternativa implica realizar el trazado en planta como su respectivo perfil de la misma, como se pueden apreciar en las figura 3 y 4 respectivamente.

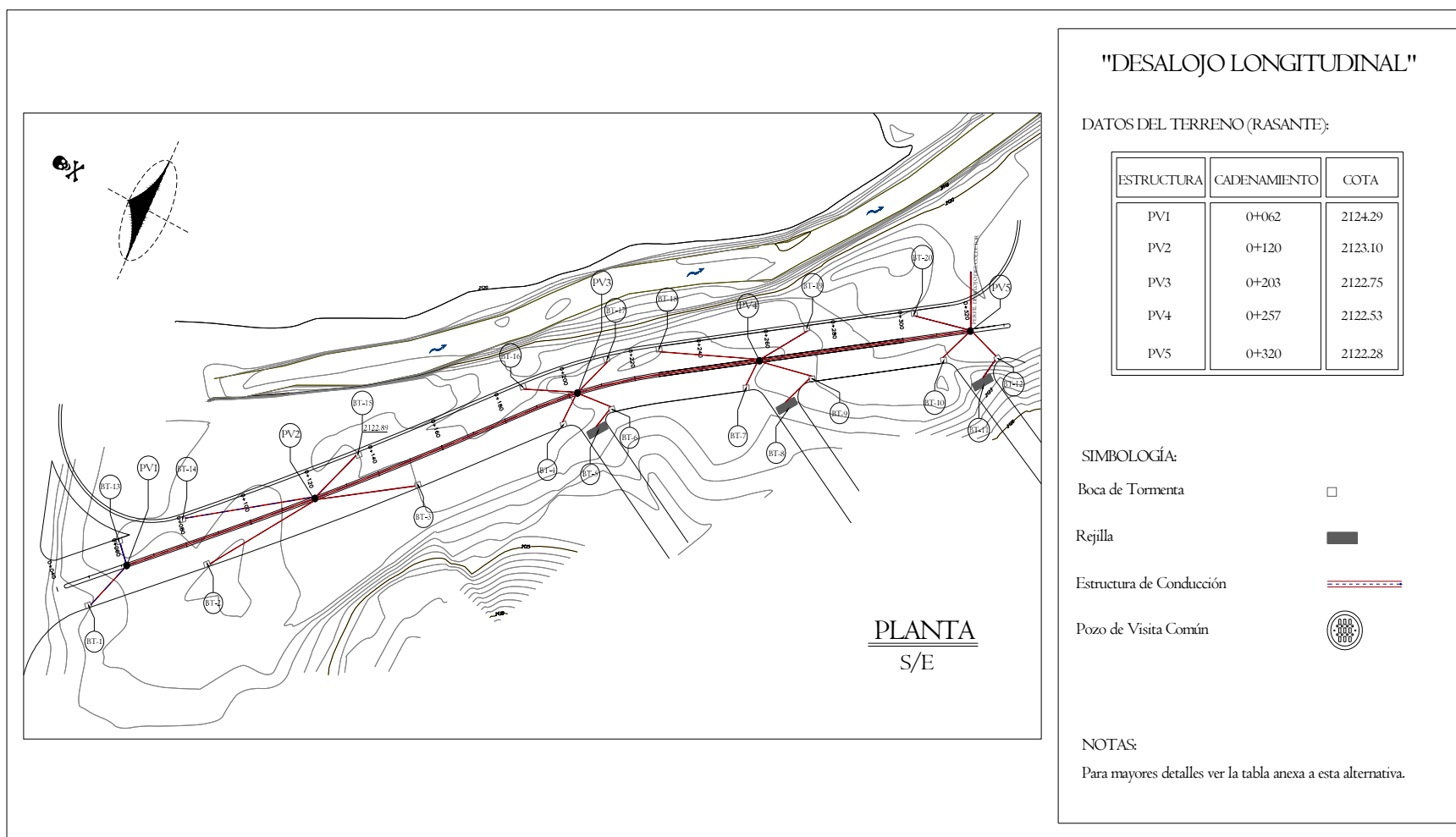


Figura 3.- Planta de la Alternativa 1.

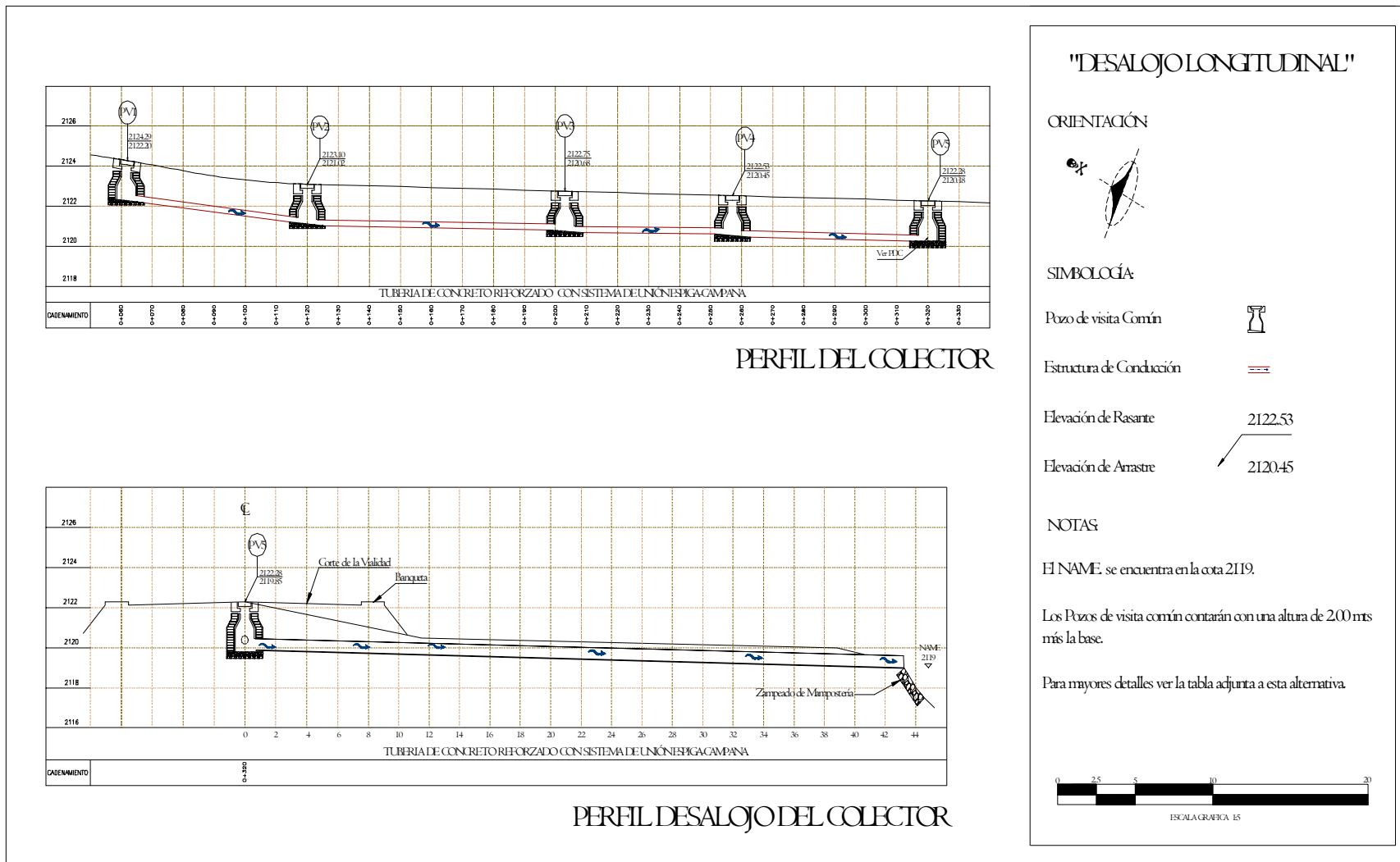


Figura 4.- Perfil Longitudinal de la Alternativa 1.

Enseguida se analiza una nivelación apoyada en la información de las figuras 3 y 4 que se indica en la Tabla 1, con la finalidad de poder analizar la viabilidad de esta propuesta.

**Tabla 1.- Nivelación de desalajo longitudinal.**

DATOS DEL TERRENO (RASANTE)					DATOS DE LA PLANTILLA			
ESTRUCTURA	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONG. (m)	s m/m	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONG. (m)	s m/m
PV1-PV2	2124.29	2123.10	58	0.0205	2122.20	2121.02	52	0.0154
PV2-PV3	2123.10	2122.75	83	0.0042	2121.02	2120.68	76	0.0026
PV3-PV4	2122.75	2122.53	54	0.0041	2120.68	2120.45	47	0.0017
PV4-PV5	2122.53	2122.28	63	0.0039	2120.45	2120.18	56	0.0048



## Alternativa 2

### “Desalojo Central”

Esta alternativa es parecida a la alternativa 1, pero con la diferencia que la disposición final se efectuará en la parte media de la longitud de la vialidad.

Contara con bocas de tormenta de piso y banqueteta, y en las calles principales se colocarán rejillas para captar e interceptar rápidamente el agua pluvial de esas calles. Se usara como colector tubería de PEAD corrugado exterior e interior liso y sistema de unión espiga-campana y las estructuras de conexión serán pozos de visita común. Mientras que la estructura de vertido será mediante un conducto cerrado y su respectivo lavadero.

El trazado en planta de esta alternativa y su respectivo perfil, se pueden observar en las figuras 5 y 6, mientras que en la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de la nivelación, que incluyen los datos tanto del terreno como de la plantilla.

**Tabla 2.- Nivelación de desalojo central.**

DATOS DEL TERRENO (RASANTE)					DATOS DE LA PLANTILLA			
ESTRUCTURA	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONG. (m)	s m/m	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONG. (m)	s m/m
PV1-PV2	2124.29	2123.10	58	0.0205	2122.20	2121.02	52	0.0196
PV2-PV3	2123.10	2122.75	83	0.0042	2121.02	2120.07	76	0.0125
PV5-PV4	2122.28	2122.53	54	-0.0046	2120.69	2120.48	56	0.0019
PV4-PV3	2122.53	2122.75	63	-0.0035	2120.48	2120.07	47	0.0087

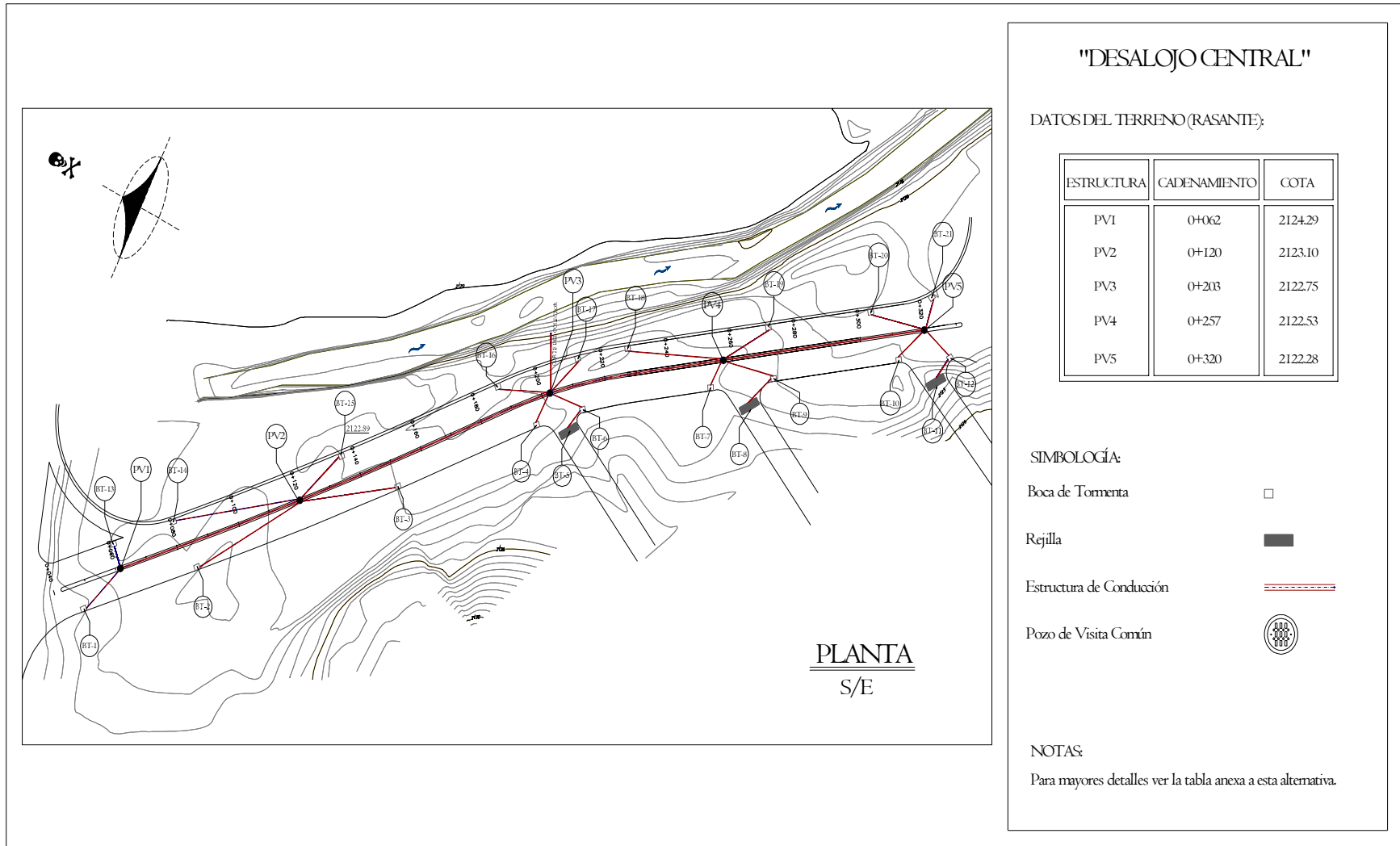


Figura 5.-Planta de Alternativa 2.

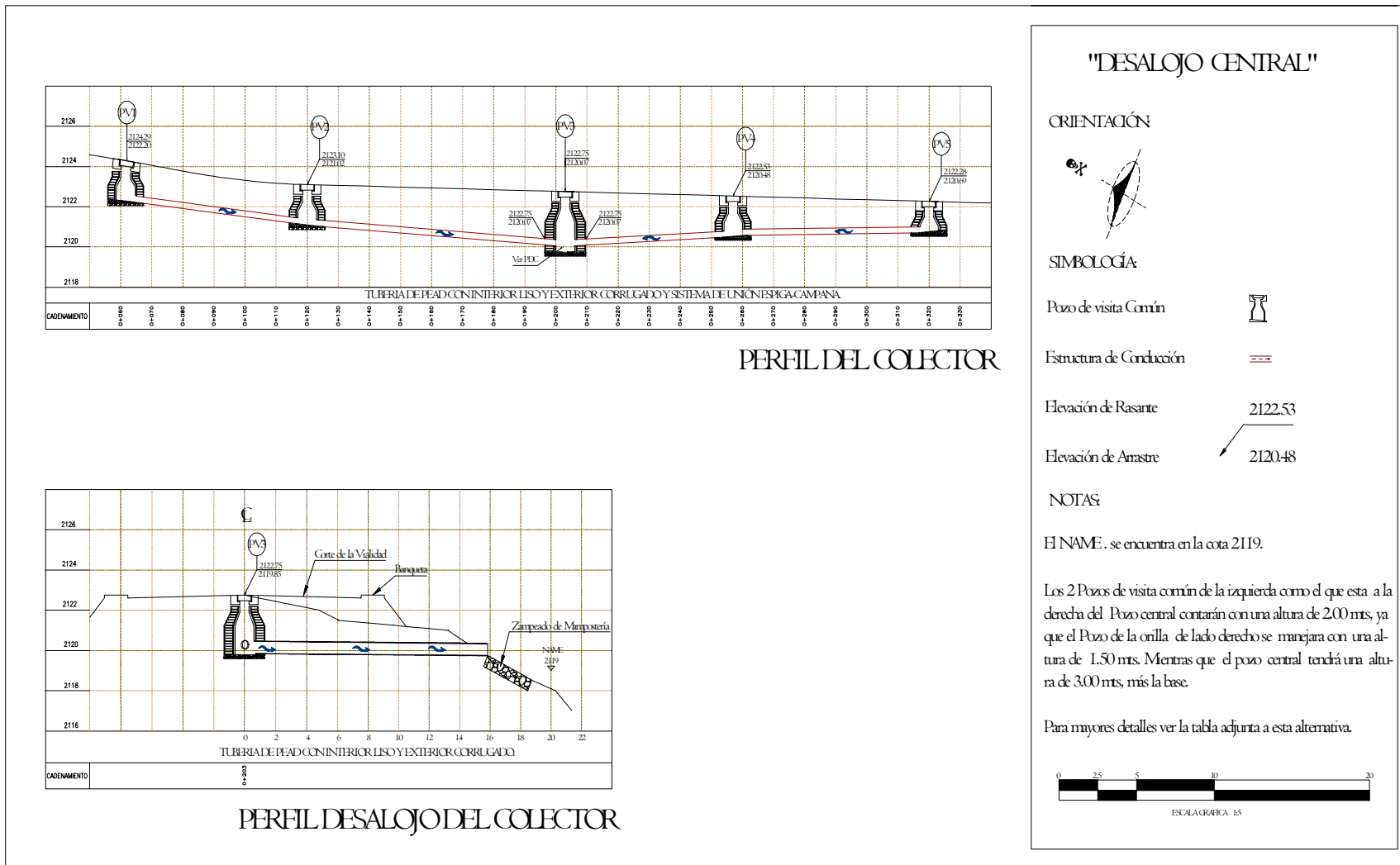


Figura 6. - Perfil Longitudinal de la Alternativa 2.

### Alternativa 3

#### "Desalojo por Cuneta"

Esta alternativa tiene como objetivo captar los escurrimientos que fluyen hacia o desde el camino en forma transversal al mismo, por lo que se ubicara una cuneta a ambos lados del camino lo que permitirá captar y conducir el agua, hasta bocas de tormenta de banqueta, que desalojan dicha agua a un colector central. El colector será prefabricado de concreto reforzado con sistema de unión espiga-campana y contará con pozos de visita común a una distancia prudente. El vertido se efectuara en la parte media de la vialidad, mediante un conducto cerrado y se respectivo lavadero en el talud del cauce. En la Tabla 3 se proporciona la información de la nivelación realizada, y en las figuras 7 y 8 se muestran tanto en planta como en perfil dicha alternativa.

**Tabla 3.- Nivelación de desalojo por cuneta.**

DATOS DEL TERRENO (RASANTE)					DATOS DE LA PLANTILLA			
ESTRUCTURA	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONG. (m)	s m/m	COTA INICIAL	COTA FINAL	LONG. (m)	s m/m
PV1-PV2	2124.29	2123.10	58	0.0205	2122.20	2121.02	52	0.0196
PV2-PV3	2123.10	2122.75	83	0.0042	2121.02	2120.07	76	0.0125
PV5-PV4	2122.28	2122.53	54	-0.0046	2120.69	2120.48	56	0.0019
PV4-PV3	2122.53	2122.75	63	-0.0035	2120.48	2120.07	47	0.0087

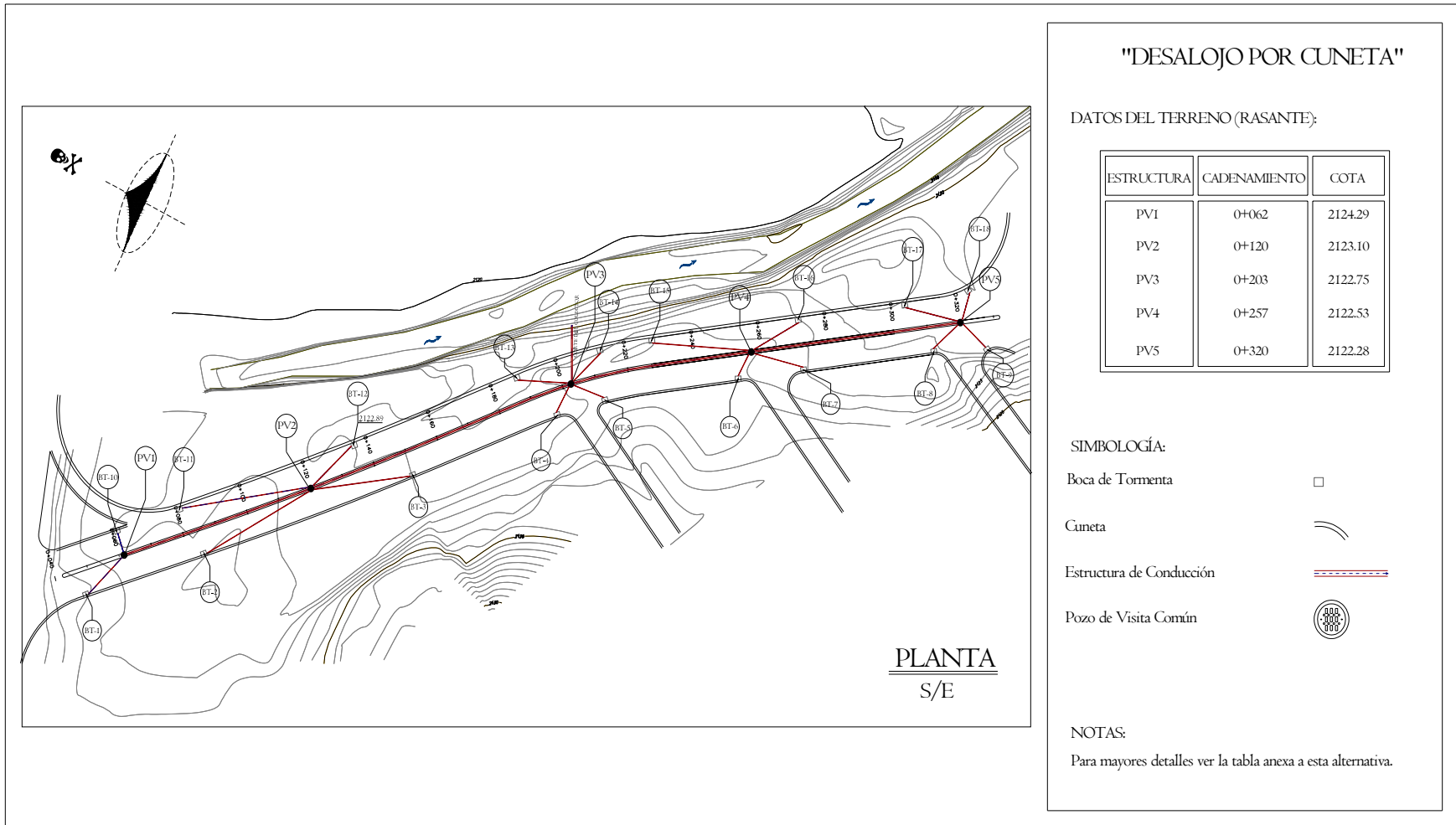


Figura 7.- Planta de la Alternativa 3.

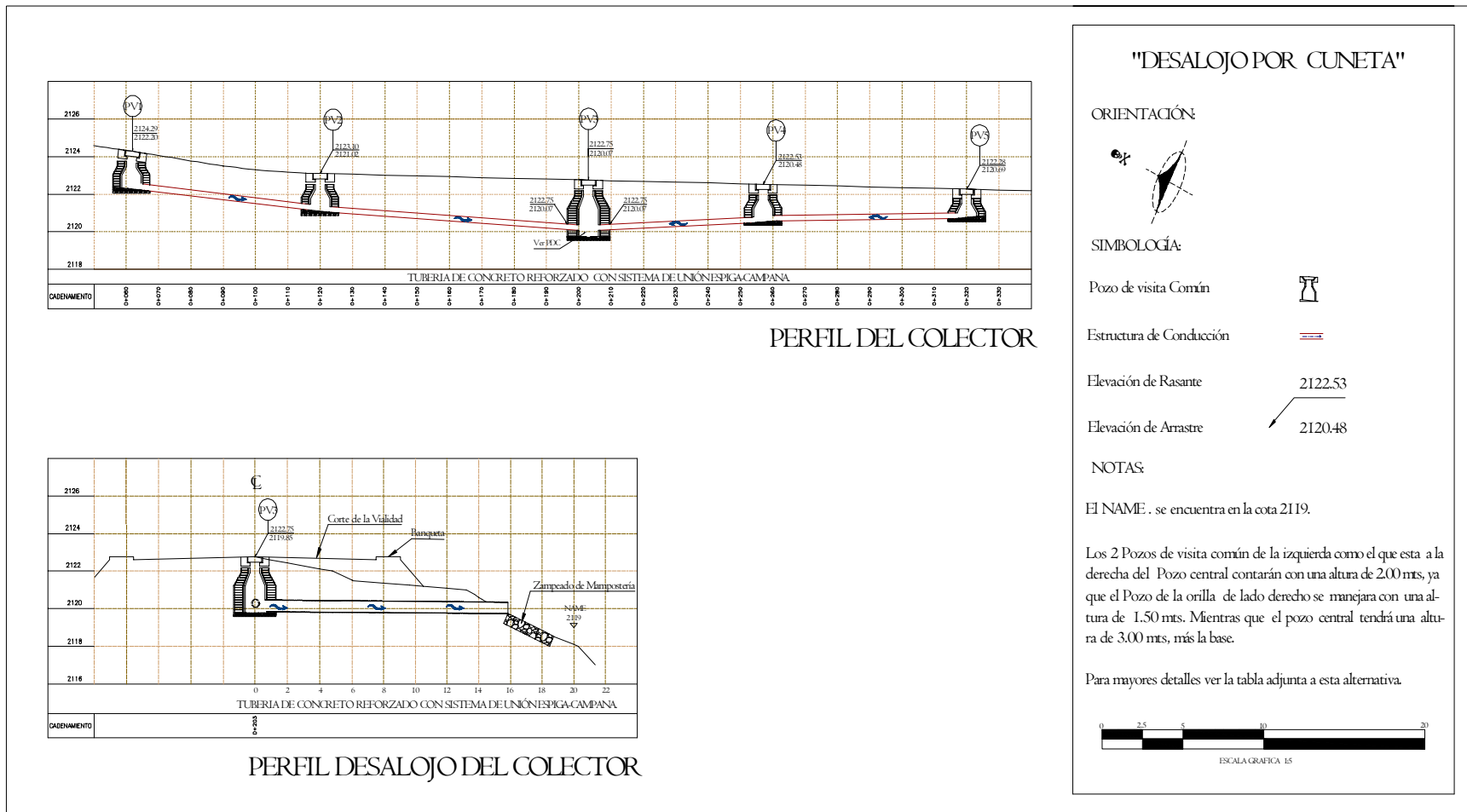


Figura 8. - Perfil Longitudinal de la Alternativa 3.

## 2.2 Ventajas y desventajas.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>1</b>	<p>La profundidad es apropiada para proteger la tubería de los efectos de las cargas vivas (peso vehicular).</p> <p>Su instalación es rápida.</p> <p>No existe inconveniente con el nivel de desalojo al cauce.</p>	<p>El diámetro del conducto se incrementa conforme aumenta la longitud del colector y consecuentemente el área de captación.</p> <p>A mayor diámetro mayor costo de adquisición y de instalación.</p> <p>Es susceptible de ser afectada por el mecanismo de corrosión.</p> <p>Es erosionable.</p> <p>El desalojo al cauce del río tiene una distancia lejana.</p>
<b>2</b>	<p>Bajo costo de la tubería.</p> <p>Alta flexibilidad en la tubería</p> <p>No es atacada por la corrosión.</p> <p>Su instalación es fácil.</p> <p>El tamaño del colector se reduce a la mitad.</p> <p>El desalojo es más cercano al río.</p> <p>No existe inconveniente con el nivel de desalojo al cauce.</p> <p>El colchón mínimo es de 30 cm.</p>	<p>En la rasante se consideran dos pendientes negativas.</p>
<b>3</b>	<p>Su desalojo es más cercano al río.</p> <p>El tamaño del colector se reduce a la mitad.</p> <p>La profundidad es apropiada para proteger la tubería de los efectos de las cargas vivas (peso vehicular).</p>	<p>Acumulación de basura.</p> <p>El tirante va creciendo constantemente con la distancia.</p> <p>En la rasante se encuentran dos pendientes negativas.</p> <p>Se tiene que proteger tanto a los autos como a la población mediante un sistema de rejillas para prevenir accidentes, lo que incrementa los costos.</p>

## 2.3 Solución.

Por lo tanto revisando las ventajas y desventaja considero que la más apropiada sería la alternativa 2 "Desalojo Central", ya que una de las principales ventajas con la que cuenta esta disyuntiva es el tipo de material del colector, así como que la estructura de vertido, se encuentra en la parte media de la vialidad muy cercana al río Alseseca y con un buen nivel de desalojo.

De acuerdo con lo anterior, se desarrollara en este trabajo el Proyecto Ejecutivo Hidráulico de la alternativa 2 "Desalojo Central", realizando los cálculos pertinentes para su correcta solución.



# **CAPITULO III**

## **PROYECTO EJECUTIVO HIDRÁULICO**

## CAPITULO III

# PROYECTO EJECUTIVO HIDRÁULICO

### 3.1 Estudios básicos.

#### TOPOGRAFÍA:

El municipio de Puebla por su orientación, conformación, ubicación y extensión presenta una topografía variada: desde áreas planas hasta formaciones montañosas y depresiones marcadas, pasando por cerros aislados, pequeñas sierras y declives abruptos. En su territorio confluyen varias formaciones morfológicas importantes.

En la figura 9 se muestra en planta la topografía del lugar, mientras que en la figura 10 se analiza el perfil tanto de la rasante del camino, como los perfiles originales del terreno (origen, derecha e izquierda).

#### CLIMA:

El municipio se localiza dentro de la zona de climas templados del valle de Puebla, sólo en la cumbre de la Malinche presenta un clima frío.

Los Climas que destaca son:

Clima templado subhúmedo con lluvias en verano identificándose en la parte meridional del municipio.

Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano que se presenta en las faldas superiores de la Malinche.

Clima frío el cuál se ubica en la cumbre de la Malinche.

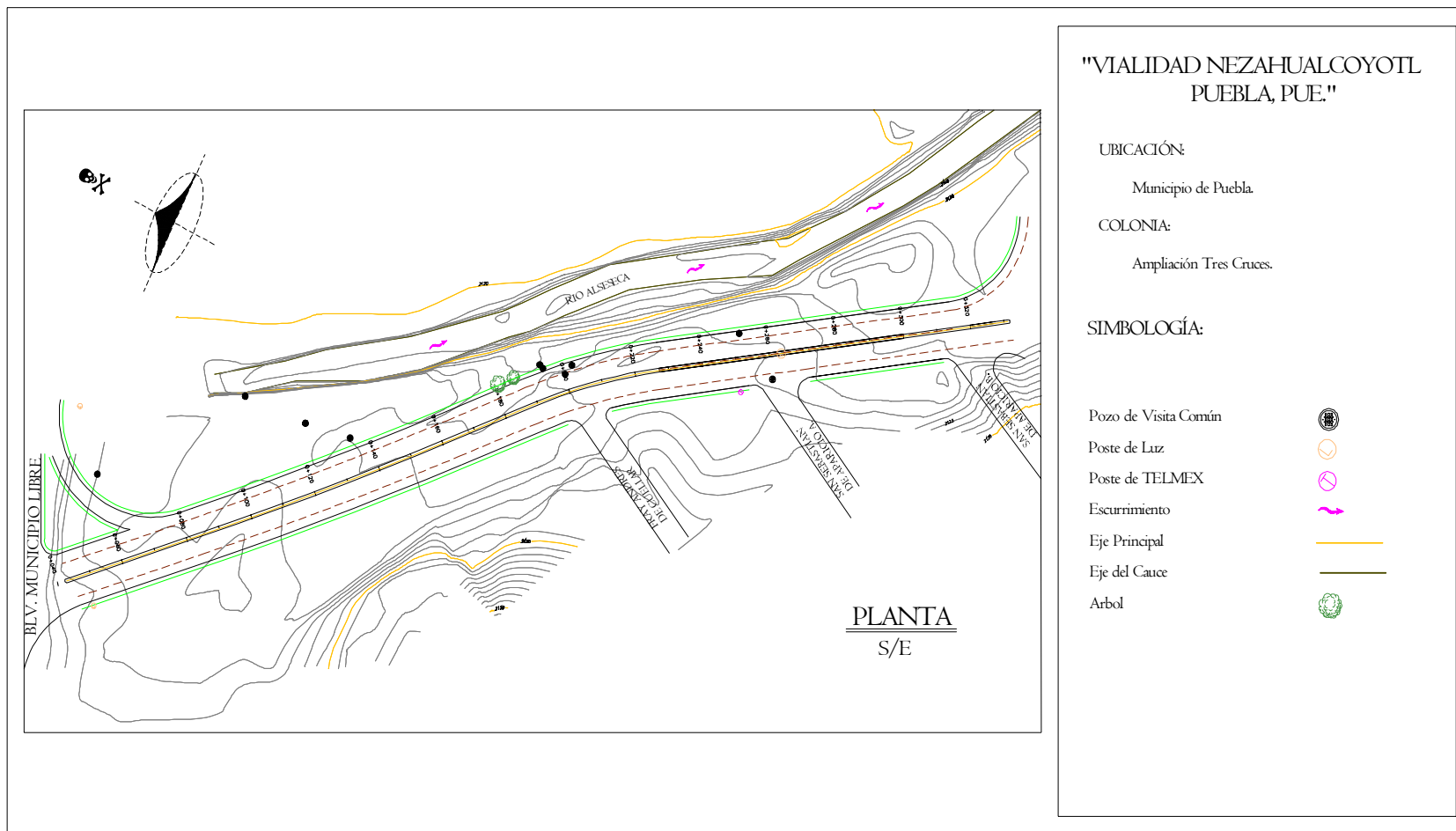


Figura 9. - Planta de la zona de estudio.

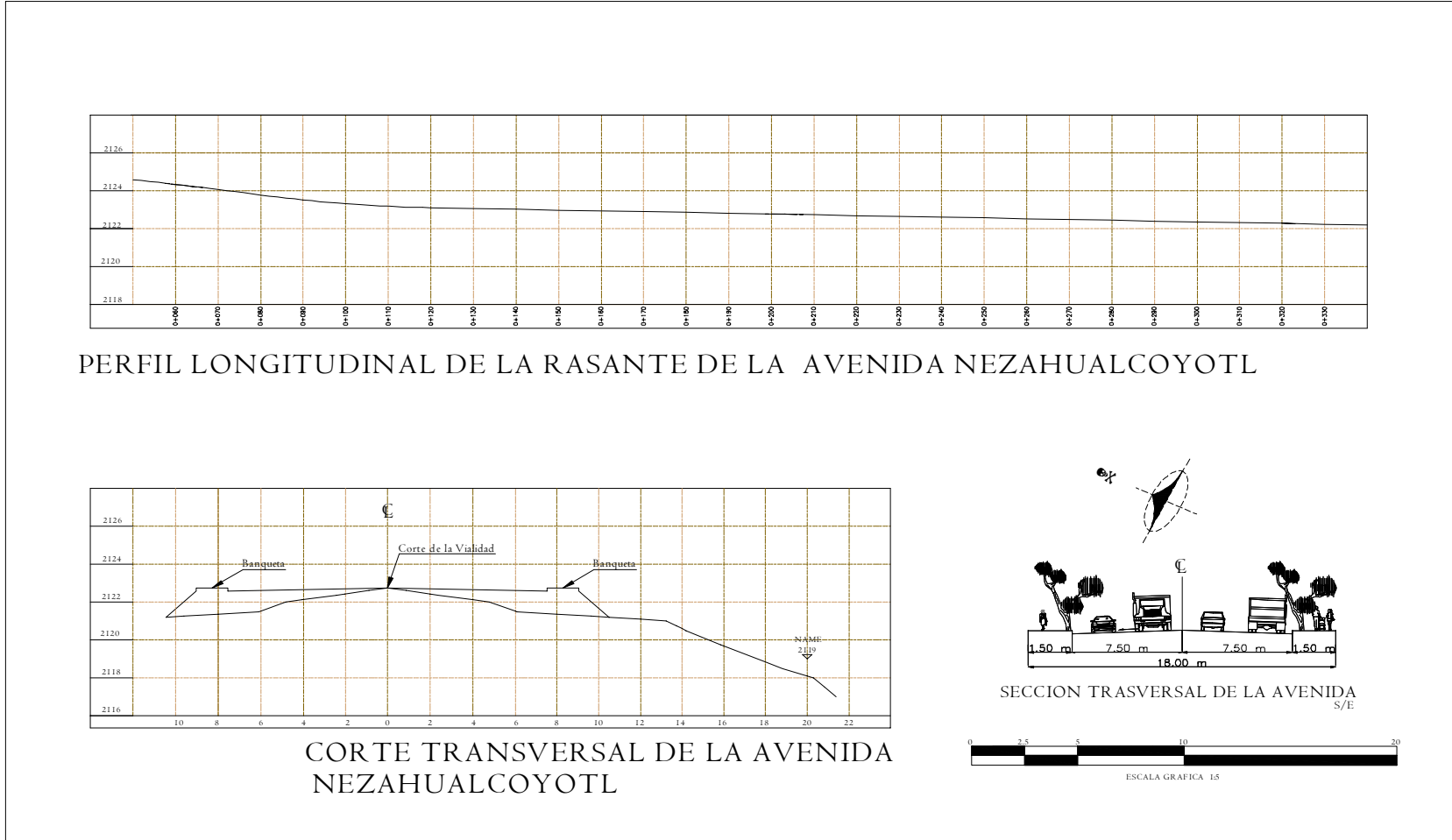


Figura 10.- Perfil y corte transversal de la zona de estudio.

### **HIDROGRAFÍA:**

El municipio pertenece a la cuenca del río Atoyac, una de las más importantes del estado que recorre el poniente del municipio de norte a sur y sirve en algunos tramos como límite con los municipios de Ocoyucan, San Andrés Cholula y Cuautlancingo; posteriormente cambia de curso hacia la depresión de Valsequillo donde se forma la presa Manuel Ávila Camacho o de Valsequillo de 405 millones de metros cúbicos de capacidad; esta obra ha hecho posible el establecimiento del distrito de riego de Valsequillo de 21, 864 hectáreas de tierra laborable beneficiadas con riego completo.

De las laderas de la Malinche descienden numerosas corrientes intermitentes que provocan inundaciones en la zona norte de la ciudad de Puebla en la época de lluvias; el agua ha producido erosión muy fuerte en las laderas de más de 15 metros de profundidad. Uno de los arroyos principales, el Alseseca, transporta gran cantidad de material erosionado, provocando azolve en el vaso de Valsequillo.

### **HIDROLOGÍA:**

El municipio de Puebla se encuentra en la región del Balsas que desemboca en el Océano Pacífico. De las cuencas que constituyen esta región, la del río Atoyac drena una superficie equivalente al 49% de la superficie poblana. El Atoyac recibe las aguas de numerosos afluentes, entre ellos el Zahuapan, el Nexapa, el Acatlán y el Mixteco. Porcentajes bastante menores corresponden a las cuencas de los ríos Amacuzac y Tlapaneco que se unen al Atoyac para dar origen al curso medio del río Balsas. En esta región se encuentran algunas presas importantes, destacando la Presa Valsequillo.

## **3.2 Análisis hidráulico.**

### **Metodología**

Para el desarrollo de la memoria se seguirán los pasos enlistados a continuación considerando que los procedimientos de diseño y sus respectivos cálculos del proyecto hidráulico son el objeto y la finalidad particular de este capítulo.

- 1. Ubicación de estructuras hidráulicas.**
- 2. Identificación.**
- 3. Determinación de las áreas de aporte.**
- 4. Cálculo del gasto de diseño de cada estructura.**
- 5. Definición del diámetro comercial.**
- 6. Revisión de Velocidades.**
- 7. Elevaciones y Nivelación del colector.**
- 8. Diseño de las Estructuras de Captación.**
- 9. Materiales: Volumen de excavación, relleno y cama de arena.**
- 10. Estructura de vertido.**

## 1. Ubicación de estructuras hidráulicas.

Principiaremos con la correcta localización de las estructuras de captación, mostrando en la Tabla 4 y la Tabla 5, la ubicación de las mismas y el sitio de los pozos de visita común, respectivamente. Para finalizar, en la Tabla 6 se muestra el supuesto kilometraje de la estructura de vertido.

**Tabla 4.- Ubicación de bocas de Tormenta.**

ESTRUCTURA	CADENAMIENTO (km)	ELEVACION RASANTE (m)
BT-1	0+047.50	2124.45
BT-2	0+084.10	2123.52
BT-3	0+149.95	2122.80
BT-4	0+196.00	2122.65
BT-5R	0+204.80	2122.60
BT-6	0+210.90	2122.57
BT-7	0+253.00	2122.40
BT-8R	0+262.40	2122.37
BT-9	0+271.90	2122.33
BT-10	0+311.00	2122.15
BT-11R	0+317.00	2122.13
BT-12	0+323.00	2122.10
BT-13	0+061.50	2124.15
BT-14	0+081.20	2123.60
BT-15	0+136.10	2122.89
BT-16	0+187.90	2122.67
BT-17	0+213.80	2122.55
BT-18	0+228.30	2122.50
BT-19	0+272.70	2122.33
BT-20	0+304.50	2121.90
BT-21	0+328.00	2122.08

**Tabla 5.- Ubicación de Pozos de Visita.**

ESTRUCTURA	CADENAMIENTO (km)	ELEVACION RASANTE (m)
PV1	0+062	2124.29
PV2	0+120	2123.10
PV3	0+203	2122.75
PV4	0+257	2122.53
PV5	0+320	2122.28

**Tabla 6.- Ubicación de Estructura de vertido.**

ESTRUCTURA	CADENAMIENTO (km)	ELEVACION RASANTE (m)
EST-VER	0+204.40	2119.75

## 2. Identificación de estructuras.

Para el mejor desarrollo del proyecto, la delimitada identificación de las estructuras hidráulicas, se encuentra dividida en diversos tipos de planos, a saber:

- A. Planta General.
- B. Planta y Perfil del Colector.
- C. Pozos de visita.
- D. Estructuras de captación: Bocas de Tormenta.
- E. Estructura de vertido: Lavadero, (A considerar).

Los cuales se adjuntan a este trabajo.



### 3. Determinación de las áreas de aporte.

Para definir el área de aportación a cada estructura de captación (Bocas de Tormenta), se procedió a delimitarla en el plano correspondiente, enseguida se midió directamente con la ayuda de los comandos del software AUTO CAD y los resultados se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.- Áreas de aporte.**

ESTRUCTURA	ÁREA	
	m <sup>2</sup>	ha
BT-1	64.19	0.006419
BT-2	263.85	0.026385
BT-3	467.28	0.046728
BT-4	323.82	0.032382
BT-5R	281.66	0.028166
BT-6	107.72	0.010772
BT-7	312.83	0.031283
BT-8R	144.14	0.014414
BT-9	147.18	0.014718
BT-10	291.71	0.029171

**Tabla 7.- Áreas de aporte  
(continuación)**

ESTRUCTURA	ÁREA	
	m <sup>2</sup>	ha
BT-11R	124.77	0.012477
BT-12	138.9	0.013890
BT-13	165.13	0.016513
BT-14	140.5	0.014050
BT-15	390.23	0.039023
BT-16	363.91	0.036391
BT-17	186.98	0.018698
BT-18	117.33	0.011733
BT-19	327.65	0.032765
BT-20	238.28	0.023828
BT-21	175.55	0.017555

#### 4. Cálculo del gasto de diseño de cada estructura.

Se empleara la expresión del **Método Racional Americano**, por considerarse la más apropiada de acuerdo con la información con la que se cuenta. A continuación se describe:

$$Q = C i A \quad (1)$$

La ecuación (1) se empleara en el sistema internacional, por lo que toma la siguiente forma:

$$Q = 2.778 C i A \quad (2)$$

Donde:

2.778 Factor de conversión de unidades.

Q= Gasto, en litros por segundos.

C= Coeficiente de escurrimiento, adimensional que depende de las características del tipo de superficie, obtenido por la tabla 8.

i= Intensidad de lluvia, en mm/hr.

A= Área drenada, en hectáreas.

#### **Coeficiente C:**

El coeficiente de escurrimiento depende del tipo de superficie con la que cuenta la vialidad, el valor que toma esta variable para este proyecto se obtiene de la Tabla 8, que es una reproducción de la que se encuentra en las Normas de la Comisión Nacional del Agua, específicamente, en el Manual de Alcantarillado.

**Tabla 8.- Coeficiente de Esguerrimiento.**

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE "C"
Techos Impermeables	0.75 a 0.95
Pavimentos de asfalto en buen estado	0.85 a 0.90
Pavimentos empedrados o de adoquín junteados con cemento	0.75 a 0.85
Pavimentos de adoquín sin cemento	0.50 a 0.70
Pavimentos de terracerías	0.25 a 0.60
Superficies sin pavimentar, como patios de ferrocarril y terrenos sin construir	0.10 a 0.30
Parques, jardines y prados, dependiendo de la superficie, pendiente y características del suelo	0.05 a 0.25
Áreas boscosas, dependiendo de la pendiente y del tipo de suelo	0.10 a 0.20
Zonas urbanas densamente pobladas	0.70 a 0.90

Sabiendo que la superficie de la vialidad Nezahualcoyotl es un Pavimento de asfalto en buen estado, el valor del coeficiente de esguerrimiento estará entre 0.85 a 0.90. Por lo que se considerara su valor máximo de 0.90.

$$C = 0.90 \quad (3)$$

**Intensidad de lluvia (i):**

Se obtiene de las isoyetas del lugar, haciendo igual la duración de la tormenta al tiempo de concentración ( $t_c$ ).

Para estimar el tiempo de concentración, a través de la superficie se empleara la fórmula propuesta por Kirpich, que esta definida como:

$$t_{cs} = 0.0003245 \left( \frac{L}{\sqrt{s}} \right)^{0.77} \quad (4)$$

Donde:

$t_{cs}$  = Tiempo de concentración en la superficie, en hrs.

$L$  = Longitud de recorrido de la partícula más alejada, hasta el punto de concentración, en metros.

$s$  = Pendiente media de la longitud de recorrido, en m/m.

Por lo tanto usando los datos de la rasante obtenidos de la Tabla 2 (Nivelación de Desalojo Central), se calcularán los tiempos de concentración de nuestra alternativa tal y como se muestra en el ejemplo siguiente, mientras que los resultados finales se concentran en la Tabla 9.

$$t_{cs} = 0.0003245 \left( \frac{58}{\sqrt{0.021}} \right)^{0.77} = 0.033 \text{ hrs} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 1.96 \text{ min.}$$

**Tabla 9.- Tiempo de Concentración.**

ESTRUCTURA	LONGITUD (m)	s (m/m)	t <sub>cs</sub> (min)
PV1-PV2	58	0.0205	1.98
PV2-PV3	83	0.0042	4.81
PV5-PV4	54	0.0046	3.34
PV4-PV3	63	0.0035	4.17

De acuerdo con los resultados de la Tabla anterior, existen diferentes tiempos de concentración de la superficie, en donde el más desfavorable es el que tiene un valor de 1.96 min., pero debido a que la isoyeta mínima que reporta la SCT es la de 5 min., se tomara este valor como tiempo de concentración para el proyecto que nos ocupa. Entonces:

$$t_c = d = 5.0 \text{ min.} \quad (5)$$

Buscando en la información que proporciona la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, respecto a la publicación que hace de las Isoyetas de la República Mexicana, se tiene que para el Estado de Puebla con una duración de tormenta de 5 min. y un período de retorno de 10 años, resulta que la intensidad de la tormenta es igual a 278 mm/hr, como se muestra en el círculo de la figura 11.

$$i = 278 \text{ mm/hr} \quad (6)$$

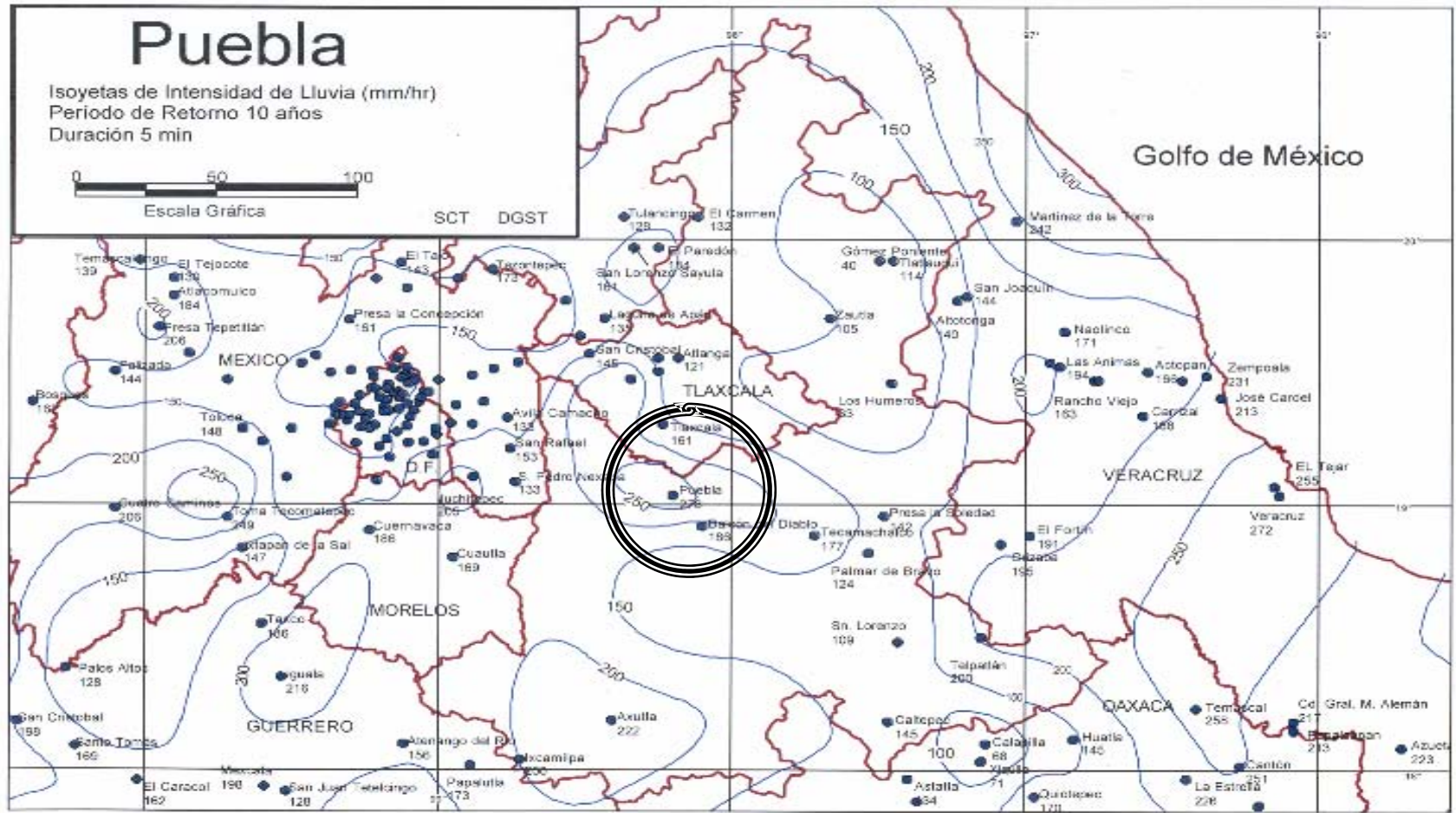


Figura 11.- Isoyetas de Intensidad de Lluvia del Estado de Puebla, Pue.

Fuente: Isoyetas de la República Mexicana del estado de Puebla, Puebla. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

**Gasto de aporte a Bocas de Tormenta ( $Q_{BT}$ ):**

Aplicando la expresión 2 y los valores dados en los resultados 3, 6 y la Tabla 7 para cada tramo de las bocas de tormenta se obtendrán los gastos a desalojar por cada una de ellas.

En el ejemplo siguiente se muestra el procedimiento de cálculo para la Boca de Tormenta 1, y en la Tabla 10 se reúnen los resultados de las restantes estructuras de captación, considerando que en la BT-6, BT-9 y la BT-12, se almacena el agua de las BT-5R, BT-8R y la BT-11R, respectivamente, por lo que se le sumaran los gastos correspondientes a dichas aportaciones, como se observa en el Plano de Planta y Perfil de Colector adjunto.

$$Q = 2.778 \times 0.90 \times 278 \times 0.006419 \text{ ha} = 4.46 \text{ lps}$$

**Tabla 10.- Gastos de aporte a Bocas de Tormenta.**

ESTRUCTURA	$Q_{BT}$	
	lps	m <sup>3</sup> /seg
BT-1	4.46	0.00446
BT-2	18.34	0.01834
BT-3	32.48	0.03248
BT-4	22.51	0.02251
BT-5R	19.58	0.01958
BT-6	27.06	0.02706
BT-7	21.74	0.02174
BT-8R	10.02	0.01002
BT-9	20.25	0.02025
BT-10	20.28	0.02028
BT-11R	8.67	0.00867
BT-12	18.33	0.01833
BT-13	11.48	0.01148
BT-14	9.77	0.00977
BT-15	27.12	0.02712
BT-16	25.29	0.02529
BT-17	13.00	0.01300
BT-18	8.16	0.00816
BT-19	22.77	0.02277
BT-20	16.56	0.01656
BT-21	12.20	0.01220



---

---

**Gasto de aporte a Pozos de Visita ( $Q_{PV}$ ):**

Para el cálculo de los gastos que ingresan a los Pozos de visita, se procede de la siguiente manera: Se analiza en cada pozo cuantas bocas de tormenta descargan en él y se suma el gasto respectivo de cada una de ellas.

Como ejemplo se muestra el análisis para el pozo de visita 1:

Este pozo tiene aportaciones de las bocas de tormenta 1 y 13 (como se aprecia en el Plano de Planta y Perfil de Colector adjunto) por lo que dicho pozo desalojara un gasto igual a la suma de los gastos de las bocas de tormenta 1 y 13 (que se encuentran en la Tabla 10).

Siguiendo un razonamiento análogo para el resto de los pozos, se tienen los gastos descargados por cada uno de ellos cuyos resultados se agrupan en la Tabla 11.

**Tabla 11.- Gastos de aporte a Pozos de Visita.**

ESTRUCTURA	$Q_{PV}$	
	lps	m <sup>3</sup> /seg
PV1	15.94	0.01594
PV2	103.65	0.10365
PV3	370.06	0.37006
PV4	158.98	0.15898
PV5	76.04	0.07604

**Nota:**

- *Pozo de visita 2*, recibe los gastos de las bocas de tormenta 2, 3, 14 y 15 así como el gasto acumulado del pozo 1.
- *Pozo de visita 3*, le aportan sus gastos las bocas de tormenta 4, 5R, 6,16 y 17, así como los acumulados del pozo 2 y el pozo 4.
- En el plano de Planta y Perfil del Colector se puede apreciar la conexión de las bocas de tormenta con los pozos de visita.

## 5. Definición del diámetro comercial.

Se empleara tubería de *Polietileno de Alta Densidad (PEAD)* para drenaje con interior liso, exterior corrugado y sistema de unión espiga-campana cuyas especificaciones deben cumplir la Norma Mexicana NMX-E-021-1998-SCFI.

De acuerdo con la Norma arriba mencionada, el tubo para este Proyecto es el **Tipo S**: Ya que su principal característica es que debe de tener un corte de sección circular completo, con una pared exterior corrugada y con un recubrimiento interior liso, el corrugado debe ser anular (véase figura 12).

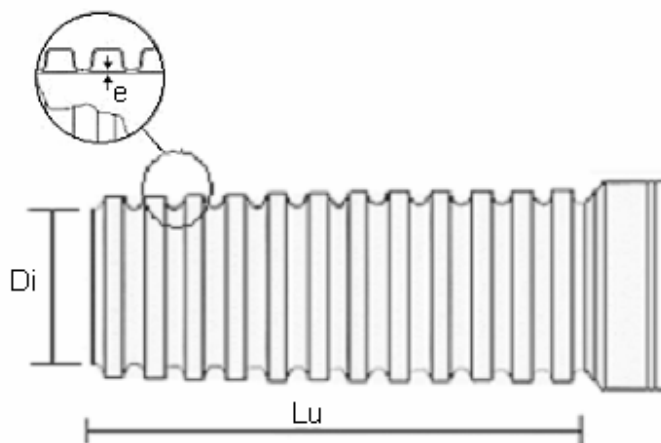


Figura 12.- Tubo de Polietileno de alta densidad corrugado, tipo S.

En la Tabla 12 se exponen los diámetros comerciales de dicha tubería.

**Tabla 12.- Diámetros Comerciales tubería de PEAD para drenaje.**

DIÁMETRO NOMINAL DN		DIÁMETRO INTERIOR			ESPESOR DE PARED MÍNIMO	
		DI	TOLERANCIA			
mm	pulg.	mm	mm	pulg.	mm	pulg.
100	4	102	-1.5 a +4.5	-0.06 a +0.18	0.50	0.020
150	6	152	-2.25 a +6.8	-0.09 a +0.27	0.50	0.020
200	8	203	-3.0 a + 9.0	-0.19 a +0.35	0.65	0.025
250	10	254	-3.9 a +11.3	-0.15 a +0.44	0.65	0.025
300	12	305	-4.5 a +13.5	-0.18 a +0.54	0.90	0.035
375	15	381	-5.6 a +16.9	-0.23 a +0.68	1.00	0.039
450	18	457	-6.8 a +20.3	-0.27 a +0.81	1.30	0.051
600	24	610	-9.0 a +27.0	-0.36 a +1.08	1.50	0.059
750	30	762	-11.3 a +30.0	-0.45 a +1.18	1.50	0.059
900	36	915	-13.5 a +30.0	-0.54 a +1.18	1.70	0.067
1050	42	1067	-15.8 a +30.0	-0.63 a +1.18	1.80	0.071
1200	48	1219	-18.0 a +30.0	-0.72 a +1.18	1.80	0.071
1350	54	1372	-20.3 a +34.0	-0.8 a +1.34	2.79	0.110
1500	60	1524	-22.9 a +37.0	-0.9 a +1.46	2.79	0.110

Para iniciar con los cálculos necesarios que nos permitirán diseñar los diámetros de las bocas de tormenta, así como los de los Pozos de Visita, debe entenderse primero la idea básica del proceso para definirlos y que se menciona enseguida:

El gasto a desalojar por cada estructura, debe ser conducido con cierta tolerancia por el tubo, de tal manera que este sea capaz de pasar un mayor gasto a tubo lleno. Esto con el fin de que su capacidad sea mayor a la requerida en el análisis hidráulico, lo que le da una flexibilidad al diseño, ya que se puede entonces expulsar tanto el gasto calculado de la estructura como un porcentaje no considerado, como sucede en

el caso de una tormenta extrema, y evitar así en la vialidad como a la población inundaciones innecesarias.

En este proceso, para considerar la velocidad máxima que debe resistir el conducto y de acuerdo a pruebas de laboratorio, se considera que el tubo conduce el gasto de desalojo de la estructura con un porcentaje de llenado igual al 81 por ciento de su diámetro.

De acuerdo con lo anterior, a continuación se hará un listado de los pasos a seguir, explicando en cada uno de ellos su procedimiento, para después reanudar con el análisis independiente de cada una de las estructuras mencionadas.

**Paso 1:** Para tomar en cuenta el valor de la velocidad máxima ( $V_{\text{máx.}}$ ) en el conducto y que después, dicho valor, sirva como parámetro restrictivo de acuerdo con las normas vigentes, iniciaremos con la propuesta de una relación tirante-diámetro igual a 0.81.

$$\frac{y}{D} = 0.81 \longrightarrow \frac{V_{\text{máx.}}}{V_o} \quad (7)$$

Donde:

$V_o$  .- Velocidad a tubo lleno, en m/s.

**Paso 2:** Obtener el valor de la relación  $Q/Q_o$ , para tal efecto, se tiene como primera alternativa, el uso de la gráfica de la figura 13, en donde entramos con la relación  $y/D=0.81$  en el eje de las ordenadas e interceptando la curva  $Q/Q_o$  para  $n$  variable, y así encontrar en el eje de las abscisas su valor correspondiente.

Como segunda alternativa puede utilizarse el empleo de la expresión 8, que es la opción elegida para el análisis de este proyecto.

$$\frac{Q}{Q_0} = 0.46 - 0.5 \cos \left[ \frac{\pi y}{D} \right] + 0.04 \cos \left[ \frac{2\pi y}{D} \right] \quad (8)$$

$$\frac{Q}{Q_0} = 0.88826 \quad (9)$$

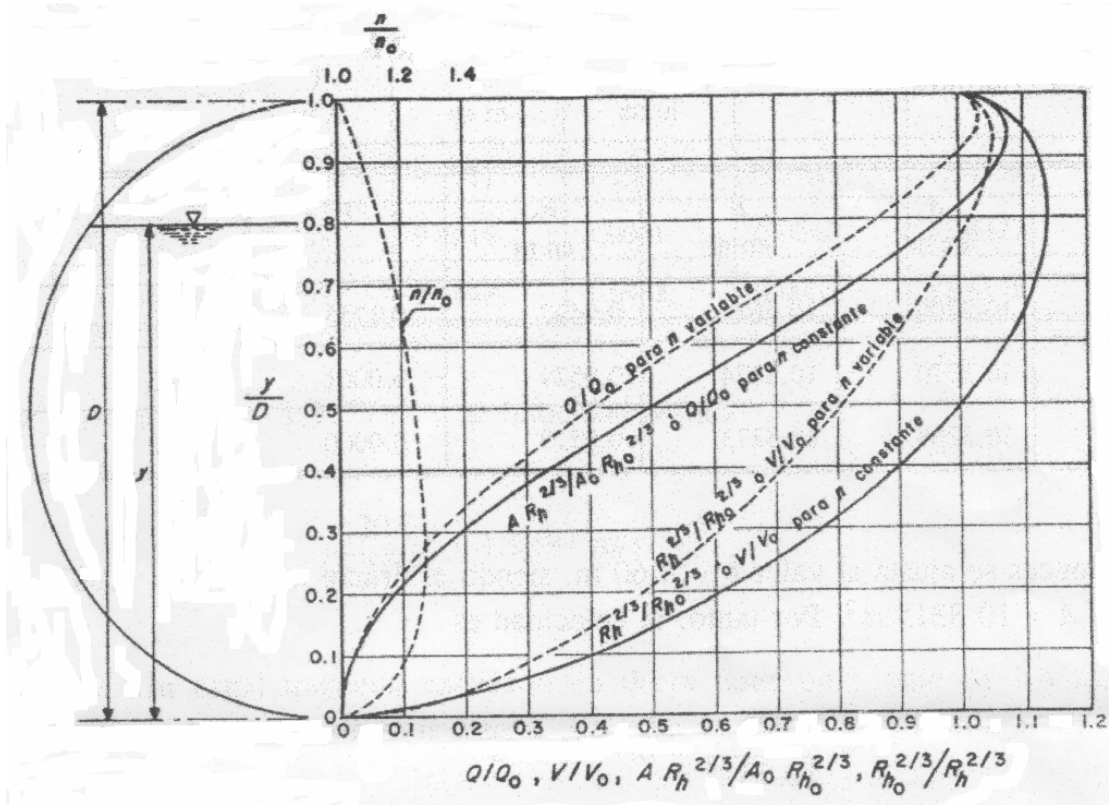


Figura 13.- Grafica relación tirante/ Diámetro.

**Paso 3:** Consiste en encontrar de la relación obtenida en el paso anterior el valor del Gasto a tubo lleno ( $Q_0$ ), para tal fin nos apoyamos con el valor del Gasto ( $Q$ ) que desalojara cada estructura dado en las Tablas 10 y 11, por lo que se prosigue a obtener el Gasto a tubo lleno ( $Q_0$ ), despejándolo de la fórmula 9, y quedando como la ecuación 10.

$$Q_0 = \frac{Q}{0.88826} \quad (10)$$

**Paso 4:** De la ecuación de Manning, se tiene:

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} s^{1/2} \quad (11)$$

Donde:

Rh.- Radio hidráulico, en m.

s.- Pendiente del terreno, en m/m.

n – Coeficiente de rugosidad del tubo de Polietileno de alta Densidad, adimensional.

Su valor se encuentra en tablas.

Considerando que los coeficientes  $n$  para diferentes materiales están dados en la Tabla 13.

**Tabla 13.- Valor del coeficiente de Manning**

MATERIAL	n
PVC	0.009
PE	0.009
<b>PEAD</b>	<b>0.009</b>
Asbesto Cemento (A-C)	0.010
Fierro galvanizado	0.012
Fierro Fundido nuevo	0.013
Concreto acabado común	0.013

**Paso 5:** Sustituyendo en la ecuación 13, el valor dado por la ecuación 10, así como, la velocidad despejada de la ecuación de Continuidad (ecuación 12), por lo que la expresión 11 toma la forma de la ecuación 13:

$$Q = v A \quad (12)$$

$$Q_o = \frac{A_o}{n} R h_o^{2/3} s^{1/2} \quad (13)$$

**Paso 6:** Dando valores a la ecuación 13 y haciendo el respectivo despeje se obtiene el Diámetro calculado, que esta expresado en la ecuación 14.

$Q_o$  = Gasto a tubo lleno, en m<sup>3</sup>/seg

$$A_o = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$R h_o = \frac{D}{4} = 0.25D$$

$$D = \left( \frac{Q_o}{\frac{\pi \times 0.25^{2/3} \sqrt{s}}{4 \times n}} \right)^{3/8} \quad (14)$$

**Paso 7:** Ajustando el valor del diámetro calculado dado por la ecuación 14 al diámetro comercial, auxiliándonos con la Tabla 12 de diámetros comerciales para tubería de PEAD.

**Paso 8:** Finalmente ajustando el valor del Gasto y Velocidad, en función del diámetro comercial seleccionado, se sugiere el llenado de la Tabla 14, considerando los valores correctos de los pasos anteriores.

**Tabla 14.- Análisis Hidráulico para la tubería de Polietileno de alta Densidad.**

$\frac{y}{m}$	$\theta$	AREA m <sup>2</sup>	P	Rh	T	A/T	V (m/seg)	Q (m <sup>3</sup> /seg)
$0 \leq \frac{y}{D} \leq 1$	$\arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$	$\frac{1}{4}\left(\theta - \frac{1}{2}\sin 2\theta\right)D^2$	$\theta D$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin 2\theta}{2\theta}\right)D$	$(\sin \theta) D$	$\frac{1}{4}\left(\frac{\theta - \frac{1}{2}\sin 2\theta}{\sin \theta}\right)D$	$\frac{1}{n}Rh^{2/3}s^{1/2}$	VA



Para el análisis de las pendientes entre las estructuras de captación (bocas de tormenta) y los pozos de visita a los que descargan, primero se fija la altura de la caja en un valor de 81 cm. y luego para definir el arrastre que asumirá el tubo de salida hacia el pozo de visita, se calculó la diferencia de la elevación de la rasante al centro de la boca de tormenta menos la altura de caja, más 8 cm. (de azolve). Con esta nueva elevación se vincula el punto hacia el Pozo de Visita con la ayuda de los comandos de Autocad lo que da como resultado, la elevación de arrastre o plantilla del tubo en el Pozo. Realizando finalmente la diferencia de elevaciones entre estos dos arrastres y dividiendo el resultado entre la longitud existente entre la boca de tormenta y el pozo se obtiene la pendiente buscada.

Siguiendo el mismo razonamiento, en la Tabla 15 se señala las pendientes de las bocas de tormenta restantes y para mayores detalles se recomienda revisar el plano "D" Estructuras de Captación para una mejor comprensión.

**Tabla 15.- Pendientes de las Estructuras de Captación.**

ESTRUCTURA		ELEVACIONES DE ARRASTRE EN (m)		LONGITUD (m)	s (m/m)
DE	A	SALIDA	ENTRADA		
BT-1	PV1	2123.72	2122.52	14.25	0.0842
BT-2	PV2	2122.79	2120.35	35.00	0.0697
BT-3	PV2	2122.07	2121.34	29.15	0.0250
BT-4	PV3	2121.92	2121.03	8.50	0.1047
BT-5R	BT-6	2121.87	2121.82	3.15	0.0159
BT-6	PV3	2121.84	2121.60	10.25	0.0234
BT-7	PV4	2121.67	2120.95	7.75	0.0929
BT-8R	BT-9	2121.64	2121.60	7.50	0.0053
BT-9	PV4	2121.60	2121.00	15.00	0.0400
BT-10	PV5	2121.42	2120.85	10.00	0.0570
BT-11R	BT-12	2121.40	2121.37	3.60	0.0083

Tabla 15.- Pendientes de las Estructuras de Captación (continuación)

ESTRUCTURA		ELEVACIONES DE ARRASTRE EN (m)		LONGITUD (m)	s (m/m)
DE	A	SALIDA	ENTRADA		
BT-12	PV5	2121.37	2120.85	10.50	0.0495
BT-13	PV1	2123.42	2122.85	7.50	0.0760
BT-14	PV2	2122.87	2121.45	38.00	0.0374
BT-15	PV2	2122.16	2121.43	16.00	0.0456
BT-16	PV3	2121.94	2120.80	15.00	0.0760
BT-17	PV3	2121.82	2120.85	11.35	0.0855
BT-18	PV4	2121.77	2120.88	28.50	0.0312
BT-19	PV4	2121.60	2120.88	15.00	0.0480
BT-20	PV5	2121.17	2120.77	16.00	0.0250
BT-21	PV5	2121.35	2120.77	8.00	0.0725

A manera detallada se aplica el procedimiento descrito en los pasos anteriores con los datos de la boca de tormenta 1 y del pozo de visita 3, considerando las pendientes calculadas de la Tabla 15.

### **DETERMINACIÓN DEL DIAMETRO COMERCIAL PARA LA BT-1**

$$\frac{y}{D} = 0.81 \quad (\text{por que nos proporciona la } V_{\text{máx}})$$

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.46 - 0.5 \cos\left(\frac{\pi y}{D}\right) + 0.04 \cos\left(\frac{2\pi y}{D}\right) = 0.8883$$

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.8883$$

$$Q_o = \frac{0.00446}{0.8883} = 0.0050 \quad m^3 / seg$$

$$Q_o = \frac{A_o}{n} Rh^{2/3} s^{1/2}$$

Dando valores y sustituyendo en la fórmula 14 se obtiene el Ø:

$$Q_o = 0.0050 \quad m^3 / seg$$

$$n = 0.009$$

$$s = 0.0842 \quad m/m$$

$$D_{\text{CALCULADO}} = 0.0578 \quad m$$

$$D_{\text{COMERCIAL}} = 0.15 \quad m \quad \mathbf{6''}$$

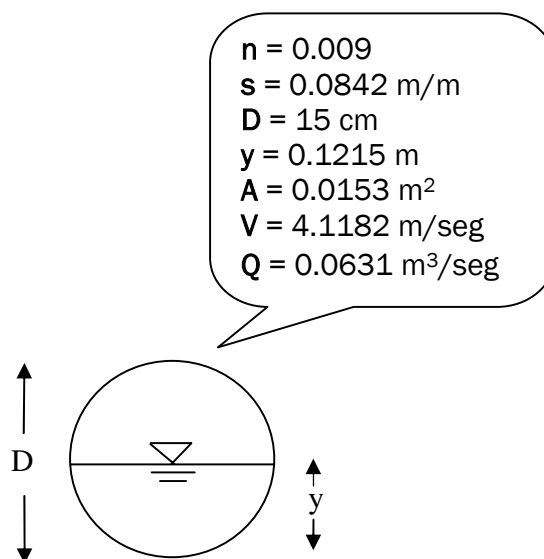
$$\frac{y}{D} = 0.81 \quad m$$

Despejando "D" se tiene:

$$y = 0.1215 \quad m$$

### ELEMENTOS HIDRAULICOS PARA BT-1

SECCIÓN	CIRCULAR
y (m)	0.1215
$\theta$	2.2395
Área (m <sup>2</sup> )	0.0153
P (m)	0.3359
Rh (m)	0.0456
$Rh^{2/3}$	0.1277
T (m)	0.1177
A/T (m)	0.1303
V (m/seg)	4.1182
Q (m <sup>3</sup> /seg)	0.0631



### DETERMINACIÓN DEL DIAMETRO COMERCIAL PARA EL PV3

$$\frac{y}{D} = 0.81 \quad (\text{por que nos proporciona la } V_{\text{máx}})$$

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.46 - 0.5 \cos\left(\frac{\pi y}{D}\right) + 0.04 \cos\left(\frac{2\pi y}{D}\right) = 0.8883$$

$$\frac{Q}{Q_o} = 0.8883$$

$$Q_o = \frac{0.3701}{0.8883} = 0.4166 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$Q_o = \frac{A_o}{n} R h^{2/3} s^{1/2}$$

Dando valores y sustituyendo en la fórmula 14 se obtiene el Ø:

$$\begin{aligned} Q_o &= 0.4166 \text{ m}^3 / \text{seg} \\ n &= 0.009 \\ s &= 0.0067 \text{ m/m} \end{aligned}$$

$$D_{\text{CALCULADO}} = 0.4872 \text{ m} \quad 48.72 \text{ cm}$$

$$D_{\text{COMERCIAL}} = 0.60 \text{ m} \quad 24''$$

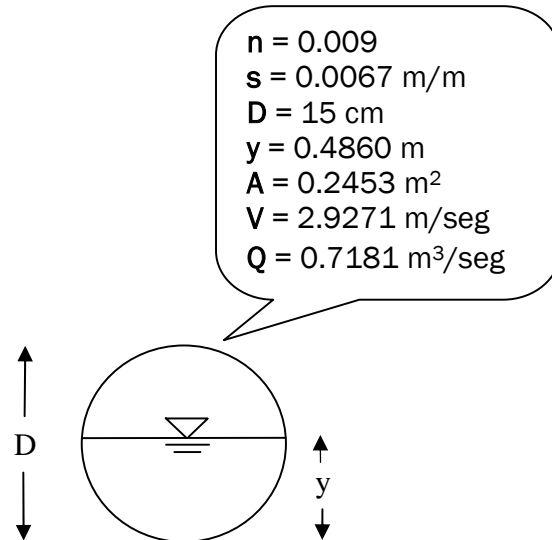
$$\frac{y}{D} = 0.81 \text{ m}$$

Despejando "D" se tiene:

$$y = 0.4860 \text{ m}$$

## ELEMENTOS HIDRAULICOS PARA EL PV-3

SECCIÓN	CIRCULAR
y (m)	0.4860
$\theta$	2.2395
Área (m <sup>2</sup> )	0.2453
P (m)	1.3437
Rh (m)	0.1826
Rh <sup>2/3</sup>	0.3218
T (m)	0.4708
A/T	0.5212
V (m/seg)	2.9271
Q (m <sup>3</sup> /seg)	0.7181



A manera general en la Tabla 16 se hace el resumen de los elementos hidráulicos de las estructuras faltantes.

**Tabla 16.- Datos de los Elementos Hidráulicos de los conductos de las Estructuras de Captación y Pozos de Visita del Proyecto.**

ESTRUCTURA	ELEMENTOS HIDRAULICOS							A TUBO LLENO	
	s (m/m)	y (m)	Área (m)	P (m)	Rh (m)	T (m)	Ø (cm)	V (m/seg)	Q (lps)
BT-1	0.0842	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	4.1182	63.1470
BT-2	0.0697	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.7470	57.4553
BT-3	0.0250	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	2.2458	34.4359
BT-4	0.1047	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	4.5921	70.4133
BT-5R	0.0159	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	1.7879	27.4157
BT-6	0.0234	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	2.1715	33.2976
BT-7	0.0929	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	4.3255	66.3262
BT-8R	0.0053	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	1.0364	15.8916
BT-9	0.0400	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	2.8383	43.5211
BT-10	0.0570	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.3881	51.9525
BT-11R	0.0083	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	1.2955	19.8646
BT-12	0.0495	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.1581	48.4258
BT-13	0.0760	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.9123	59.9896
BT-14	0.0374	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	2.7433	42.0651
BT-15	0.0456	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.0313	46.4805
BT-16	0.0760	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.9123	59.9896
BT-17	0.0855	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	4.1487	63.6147
BT-18	0.0312	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	2.5078	38.4540
BT-19	0.0480	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.1092	47.6749
BT-20	0.0250	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	2.2438	34.4064
BT-21	0.0725	0.1215	0.0153	0.3359	0.0456	0.1177	15	3.8211	58.5920
PV1	0.0196	0.1215	0.0613	0.6719	0.0913	0.2354	30	3.1538	193.4390
PV2	0.0125	0.243	0.0613	0.6719	0.0913	0.2354	30	2.5186	154.4796
PV3	0.0067	0.486	0.2453	1.3437	0.1826	0.4708	60	2.9271	718.1252
PV4	0.0087	0.3038	0.0958	0.8398	0.1141	0.2942	38	2.4382	233.6697
PV5	0.0019	0.3038	0.0958	0.8398	0.1141	0.2942	38	1.1394	109.1992

**Nota:**

- En el Pozo de visita 1, el diámetro calculado tiene un valor de 122.5 mm (6"), y por norma no es apto para el diseño de dicha estructura, por lo tanto el diámetro adecuado a usar será de 300 mm (12").

## 6. Revisión de Velocidades.

En el diseño hidráulico de un alcantarillado lo ideal es tener excavaciones mínimas y no requerir de la utilización de equipo de bombeo, por lo cual en este trabajo se hizo lo posible por no entrar en esos conflictos. Por lo tanto se desprende que en el estudio de la solución óptima sea necesario tener en consideración los límites permisibles para velocidades de conducción con el objeto de asegurar el buen funcionamiento de la tubería y de las estructuras del sistema. En la Tabla 17 se muestran las velocidades permisibles de los diferentes tipos de materiales, en donde viene especificado el material del tubo del proyecto a realizar.

**Tabla 17.- Velocidades permisibles para tuberías de diferentes materiales.**

MATERIAL DEL TUBO	VELOCIDADES PERMISIBLES	
	MINIMA (m/s)	MAXIMA (m/s)
Concreto hasta 45 cm	0.3	3.0
Concreto mayor de 45 cm	0.3	3.5
Asbesto Cemento	0.3	5.0
PVC	0.3	5.0
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	0.3	5.0

Revisando las velocidades consideradas en la Tabla 16, se aprecia que estas no pasan del rango tanto de las velocidades mínimas como de las velocidades máximas. En la práctica se ha observado que el tipo de tubería empleado, soporta velocidades de hasta de 8 m/seg, lo que nos permite un mayor rango de velocidad máxima.



## 7. Elevación y Nivelación del colector.

En la Tabla 18 se analizan las Elevaciones de cada una de las Bocas de Tormenta, identificando la salida de cada una de las estructuras y revisando a que estructura de conexión descargan, o en su caso, a que a otra estructura de Captación llegan, tal es el caso, de las Bocas de Tormenta BT-5R, BT-8R y la BT-11R. Ver Plano B "Planta y Perfil del Colector".

**Ejemplo:** La BT-1 llega al Pozo de Visita 1 con una longitud de 14.25 m, una pendiente igual a 0.0842 m/m y un diámetro de 15 cm. Para el cálculo de las Elevaciones se tiene:

**Rasante:** Obtenida del cadenamamiento del plano "B" Planta y Perfil del Colector.

**Lomo:** Es la suma de la Elevación de Arrastre más el diámetro (en metros), más el espesor del tubo (en este caso es de 0.0005 m, de acuerdo con la Tabla 12).

**Arrastre:** Obteniendo los resultados en la Tabla 15 "Pendientes de las Estructuras de Captación".

Para el cálculo de las Alturas se tiene:

**Colchón:** Es la diferencia de la Rasante menos el Lomo.

**Arrastre:** Es la diferencia de las Elevaciones de Rasante menos la de Arrastre.

Y para la fila 3 en donde se encuentra el Pozo de visita 1, su Elevación de Arrastre se calcula por la diferencia entre las Elevación de Arrastre de la BT-1 y el desnivel (producto de la pendiente por la longitud) existente a PV1.

**Tabla 18.- Elevaciones de las Estructuras de Captación.**

DATOS DE LA ESTRUCTURA				ELEVACIONES EN (m)			ALTURA EN (m)		
ESTRUCTURA		LONGITUD (m)	s (m/m)	Ø (cm)	RASANTE	LOMO	ARRASTRE	COLCHÓN	ARRASTRE
DE	A								
BT-1	BT-1	14.25	0.0842	15	2124.45	2123.87	2123.72	0.58	0.73
	PV1			15	2124.29	2122.67	2122.52		
BT-2	BT-2	35.00	0.0697	15	2123.52	2122.94	2122.79	0.58	0.73
	PV2			15	2123.10	2120.50	2120.35		
BT-3	BT-3	29.15	0.0250	15	2122.80	2122.22	2122.07	0.58	0.73
	PV2			15	2123.10	2121.49	2121.34		
BT-4	BT-4	8.50	0.1047	15	2122.65	2122.07	2121.92	0.58	0.73
	PV3			15	2122.75	2121.18	2121.03		
BT-5R*	BT-5R	3.15	0.0159	15	2122.60	2122.02	2121.87	0.58	0.73
	BT-6			15	2122.57	2121.99	2121.84		
BT-6	PV3	10.25	0.0234	15	2122.75	2121.75	2121.60	0.10	1.15
	BT-7			15	2122.40	2121.82	2121.67		
BT-7	PV4	7.75	0.0929	15	2122.53	2121.10	2120.95	1.43	1.58
	BT-8R			15	2122.37	2121.79	2121.64		
BT-8R*	BT-9	7.50	0.0053	15	2122.33	2121.75	2121.60	0.58	0.73
	BT-9			15	2122.53	2121.15	2121.00		
BT-9	PV4	15.00	0.0400	15	2122.15	2121.57	2121.42	0.58	0.73
	BT-10			15	2122.28	2121.00	2120.85		
BT-10	PV5	10.00	0.0570	15	2122.13	2121.55	2121.40	0.58	0.73
	BT-11R			15	2122.10	2121.52	2121.37		
BT-11R*	BT-12	3.60	0.0083	15	2122.28	2121.00	2120.85	1.28	1.43
	BT-12			15	2124.15	2123.57	2123.42		
BT-12	PV5	10.50	0.0495	15	2124.15	2123.57	2123.42	0.58	0.73
	BT-13			15	2124.15	2123.57	2123.42		
BT-13	PV1	7.50	0.0760	15	2124.29	2123.00	2122.85	1.29	1.44
	BT-14			15	2123.60	2123.02	2122.87		
BT-14	PV2	38.00	0.0374	15	2123.10	2121.60	2121.45	1.50	1.65
	PV2			15	2123.10	2121.60	2121.45		

**Tabla 18.- Elevaciones de las Estructuras de Captación (continuación)**

DATOS DE LA ESTRUCTURA				ELEVACIONES EN (m)			ALTURA EN (m)		
ESTRUCTURA		LONGITUD (m)	s (m/m)	Ø (cm)	RASANTE	LOMO	ARRASTRE	COLCHÓN	ARRASTRE
DE	A								
	BT-15			15	2122.89	2122.31	2122.16	0.58	0.73
BT-15	PV2	16.00	0.0456	15					
	PV2			15	2123.10	2121.58	2121.43	1.52	1.67
	BT-16			15	2122.67	2122.09	2121.94	0.58	0.73
BT-16	PV3	15.00	0.0760	15					
	PV3			15	2122.75	2120.95	2120.80	1.80	1.95
	BT-17			15	2122.55	2121.97	2121.82	0.58	0.73
BT-17	PV3	11.35	0.0855	15					
	PV3			15	2122.75	2121.00	2120.85	1.75	1.90
	BT-18			15	2122.50	2121.92	2121.77	0.58	0.73
BT-18	PV4	28.50	0.0312	15					
	PV4			15	2122.53	2121.03	2120.88	1.50	1.65
	BT-19			15	2122.33	2121.75	2121.60	0.58	0.73
BT-19	PV4	15.00	0.0480	15					
	PV4			15	2122.53	2121.03	2120.88	1.50	1.65
	BT-20			15	2121.90	2121.32	2121.17	0.58	0.73
BT-20	PV5	16.00	0.025	15					
	PV5			15	2122.28	2120.92	2120.77	1.36	1.51
	BT-21			15	2122.08	2121.50	2121.35	0.58	0.73
BT-21	PV5	8.00	0.0725	15					
	PV5			15	2122.28	2120.92	2120.77	1.36	1.51

**Nota:**

\* R indica que la estructura de captación señalada con esta letra se refiere a rejillas de piso, que se encuentran ubicadas en las calles que desembocan a la avenida principal "Prolongación Nezahualcoyotl" ,(ver Plano "B" Planta y Perfil del Colector.)

Para el cálculo del colector principal que se encuentra unido a lo que son las Estructuras de Conexión (Pozos de Visita), los pasos son parecidos a los cálculos realizados para las Estructuras de Captación, pero para detallar de igual manera este caso se realiza un ejemplo con las dos primeras estructuras, ya que las restantes es un cálculo idéntico. El ejemplo se explica con la Tabla 19, numerando las columnas y las filas para su mejor comprensión, después proseguir con la descripción y finalizando con los resultados generales (Tabla 20.- Elevación y Nivelación del Colector).

**COLUMNAS**

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10      11      12      13      14      15

**Tabla 19.- Ejemplo para el cálculo de Elevación y Nivelación del Colector.**

FILAS	DATOS DE LA ESTRUCTURA				ELEVACIONES DEL COLECTOR EN (m)					ALTURA EN (m)					
	ESTRUCTURA		LONGITUD (m)	s (m/m)	Ø (cm)	RASANTE	LOMO		ARRASTRE		COLCHÓN		ARRASTRE		DE POZO
	DE	A					ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
1		PV1				2124.29		2122.50		2122.20		1.79		2.09	2.13
2	PV1	PV2	52	0.0196	30										
3		PV2			30	2123.10	2121.48	2121.32	2121.18	2121.02	1.62	1.78	1.92	2.08	2.13
4	.....	.....													
5		.....													
6		.....													

---

---

FILA	COLUMNA	DESARROLLO
1	6	Dato obtenido de la Tabla 2 "Nivelación Central" (Datos del Terreno).
1	8	Es la Elevación de Arrastre de Salida más el diámetro en metros más el espesor del tubo en metros (Ver tabla 12).
1	10	Es la Elevación de Arrastre de salida del tubo. Ver Tabla 2 "Nivelación Central" (Datos de Plantilla).
1	12	Es la Elevación de Rasante menos la Elevación del Lomo de salida.
1	14	Es la diferencia de Elevación de rasante menos la Elevación de arrastre de salida.
1	15	Es la altura del Pozo más la base propuesta por proyecto. (Ver Plano de Pozos de Visita).
3	6	Dato obtenido de la Tabla 2 "Nivelación Central" (Datos del Terreno).
3	7	Es la Elevación de Arrastre de Entrada más el diámetro en metros más el espesor del tubo en metros (Ver tabla 12).
3	8	Es la Elevación de Arrastre de Salida más el diámetro en metros más el espesor del tubo en metros (Ver tabla 12).
3	9	Es la Elevación de Arrastre de salida menos la longitud por la pendiente.
3	10	Es la Elevación de Arrastre de salida del tubo. Ver Tabla 2 "Nivelación Central" (Datos de Plantilla).
3	11	Es la diferencia de la Rasante menos la Elevación de Lomo de Entrada.
3	12	Es la diferencia que hay de la Rasante menos la Elevación de Lomo de salida.
3	13	Es la diferencia de Elevación de rasante menos la Elevación de arrastre de entrada.
3	14	Es la diferencia de Elevación de rasante menos la Elevación de arrastre de salida.

---

---

**Tabla 20.- Elevación y Nivelación del Colector.**

DATOS DE LA ESTRUCTURA				ELEVACIONES DEL COLECTOR EN (m)						ALTURA EN (m)				
ESTRUCTURA		LONGITUD (m)	s (m/m)	Ø (cm)	RASANTE	LOMO		ARRASTRE		COLCHÓN		ARRASTRE		DE POZO
DE	A					ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
PV1	PV1	52	0.02	30	2124.29		2122.50		2122.20		1.79		2.09	2.23
	PV2			30	2123.10	2121.48	2121.32	2121.18	2121.02	1.62	1.78	1.92	2.08	2.23
PV2	PV3	76	0.013	30	2122.75	2120.37		2120.07		2.38		2.68		3.20
	PV5			38	2122.28		2121.07		2120.69		1.21		1.59	1.73
PV5	PV4	56	0.002	38	2122.53	2120.96	2120.86	2120.58	2120.48	1.57	1.67	1.95	2.05	2.20
	PV4			38	2122.75	2120.45	2120.45	2120.07	2119.85	2.30	2.30	2.68	2.90	3.20
PV4	PV3	47	0.009	38	2122.75	2120.45	2120.45	2120.07	2119.85	2.30	2.30	2.68	2.90	3.20
	PV3			60	2122.75	2120.45	2120.45	2120.07	2119.85	2.30	2.30	2.68	2.90	3.20
PV3	EST-VER	14.94	0.007	60	2119.75	2120.35		2119.75						
	EST-VER			60	2119.75	2120.35		2119.75						

## 8. Diseño de las Estructuras de captación.

Para analizar la capacidad de las coladeras se considera que ella funcionará como un orificio, por lo que empleando la formula de orificios se puede estimar el gasto que puede fluir a través de las aberturas de acuerdo con la ecuación 15.

$$Q = 1000C_d A \sqrt{2gh} \quad (15)$$

Donde:

1000 Factor de conversión de unidades.

Q = Capacidad de la coladera, en l/s.

C<sub>d</sub> = Coeficiente de descarga, se recomienda C<sub>d</sub> = 0.6.

A = Área neta de entrada a la coladera, es decir, el área libre total entre las rejillas en m<sup>2</sup>.

g = Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>.

h = Tirante del agua sobre la coladera, en m.

Despejando de la formula 15 el Área libre total entre las rejillas, ya que es el dato faltante de dicha ecuación. Por lo tanto, los Gastos se consideran de la Tabla 10 y el tirante del agua es el resultado de la multiplicación de la duración (5 min.) por la intensidad de lluvia (278 mm/hr), quedando:

$$A = \frac{Q}{1000C_d \sqrt{2gh}} \quad (16)$$

$$h = (d)(i).$$

$$d = 5 \text{ min} = 300 \text{ seg.}$$

$$i = 278 \text{ mm/hr.}$$

Haciendo las respectivas conversiones para que el tirante de agua quede en m.

$$\left(278 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}\right) \left(\frac{1\text{m}}{1000\text{mm}}\right) \left(\frac{1\text{hr}}{3600\text{seg}}\right) = 0.0000772 \text{ m/seg}$$

$$h = d i = (300 \text{ seg}) \left(0.0000772 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right) = 0.02316 \text{ m}$$

Teniendo todos los datos se prosigue a sustituir en la formula 16 obteniendo los resultados que se aprecian en la Tabla 21.

**Tabla 21.- Área libre total entre las rejillas.**

ESTRUCTURA	Q (lps)	A (m <sup>2</sup> )
BT-1	4.46	0.0111
BT-2	18.34	0.0455
BT-3	32.48	0.0806
BT-4	22.51	0.0558
BT-5R	19.58	0.0486
BT-6	27.06	0.0671
BT-7	21.74	0.0539
BT-8R	10.02	0.0249
BT-9	20.25	0.0502
BT-10	20.28	0.0503
BT-11R	8.67	0.0215



**Tabla 21.- Área libre total entre las rejillas  
(continuación)**

ESTRUCTURA	Q (lps)	A (m <sup>2</sup> )
BT-12	18.33	0.0455
BT-13	11.48	0.0285
BT-14	9.77	0.0242
BT-15	27.12	0.0673
BT-16	25.29	0.0628
BT-17	13.00	0.0322
BT-18	8.16	0.0202
BT-19	22.77	0.0565
BT-20	16.56	0.0411
BT-21	12.20	0.0303

Haciendo la respectiva revisión para el análisis de las coladeras pluviales y considerando las normas se usaran coladeras "Tipo A", (ya que son de piso y banquetas, con brocal de hierro y rejillas frontal y de piso hechas del mismo material). Y tomando en cuenta que el área necesaria y sin rebasar será de 0.096 m<sup>2</sup> teniendo las medidas de dicha estructura que son de la abertura de rejilla de un ancho de 0.04 metros por un largo de 0.40 metros y un total de 6 rejillas para el caso de las Bocas de Tormenta, mientras que para las rejillas de piso será de 1.17 m<sup>2</sup> considerando las mismas dimensiones pero con 73 aberturas. Se hace el análisis correspondiente para dichas estructuras. En el plano D "Estructuras de Captación" se muestra a detalle sus dimensiones.

**9. Materiales: Volúmenes de excavación, relleno y cama de arena.**

Para obtener el ancho de zanja y así poder calcular los volúmenes de excavación, relleno y cama de arena nos basaremos en la Tabla 22 considerada de las normas de alcantarillado.

**Tabla 22.- Ancho de zanja**

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

De acuerdo con la información proporcionada por la Tabla 16.- Elementos Hidráulicos y la Tabla 22.- Ancho de zanja, se obtienen con los diámetros los anchos de excavación, respectivamente, que resultaron ser de 0.65 m, 0.80 m, 0.90 m y 1.20.

En la Tabla 23 se exponen los resultados obtenidos para los volúmenes de Excavación, Relleno y Cama de Arena de las Estructuras de Captación, mientras que en la Tabla 24 se analizan los resultados para el Colector. Explicando el procedimiento de las tres variables a mencionadas para el caso de cada una de las estructuras.

Desarrollo para el cálculo de volúmenes en las estructuras de captación: Bocas de Tormenta:

**De excavación:** Es el resultado de multiplicar la altura de la estructura (considerando la cama de arena y el firme<sup>1</sup>: *el cual será de 5 cm de espesor*), ver el Plano D "Estructuras de captación", por el ancho de zanja (Ver Tabla 22) y por la longitud de desarrollo del conducto (Ver Tabla 18.- Elevación de las Estructuras de Captación).

**De relleno:** Es la diferencia del resultado de la Excavación (paso anterior) menos el volumen que ocupa el tubo. El volumen del tubo se obtiene del producto de área de mismo multiplicada por su longitud (considerando el diámetro exterior<sup>2</sup> para el cálculo del área del tubo. Ver Tabla 12.- Diámetros Comerciales tubería de PEAD para drenaje).

**De cama de arena:** Es el producto del valor respectivo del ancho de zanja (de acuerdo con la Tabla 22.- Anchos de zanja) por 0.10 m de altura (según la norma) y por la longitud de desarrollo del tubo.

---

<sup>1</sup> Este puede ser de concreto de baja resistencia o bien pedacera de tabique.

<sup>2</sup> Es la suma del diámetro interior más dos veces el espesor del tubo.

**Tabla 23.- Volúmenes de excavación, relleno y arena para los conductos de las Estructuras de Captación: Bocas de Tormenta.**

ESTRUCTURA		DATOS DE LA ESTRUCTURA			VOLUMENES (m <sup>3</sup> )		
		LONGITUD (m)	s (m/m)	Ø (cm)	EXCAVACIÓN	RELLENO	ARENA
DE	A						
BT-1	PV1	14.25	0.0842	15	8.89	6.74	0.93
BT-2	PV2	35.00	0.0697	15	21.84	16.56	2.28
BT-3	PV2	29.15	0.0250	15	18.19	13.79	1.89
BT-4	PV3	8.50	0.1047	15	5.30	4.02	0.55
BT-5R	BT-6	3.15	0.0159	15	1.97	1.49	0.20
BT-6	PV3	10.25	0.0234	15	6.40	4.85	0.67
BT-7	PV4	7.75	0.0929	15	4.84	3.67	0.50
BT-8R	BT-9	7.50	0.0053	15	4.68	3.55	0.49
BT-9	PV4	15.00	0.0400	15	9.36	7.10	0.98
BT-10	PV5	10.00	0.0570	15	6.24	4.73	0.65
BT-11R	BT-12	3.60	0.0083	15	2.25	6.74	0.23
BT-12	PV5	10.50	0.0495	15	6.55	4.97	0.68
BT-13	PV1	7.50	0.0760	15	4.68	3.55	0.49
BT-14	PV2	38.00	0.0374	15	23.71	17.97	2.47
BT-15	PV2	16.00	0.0456	15	9.98	7.57	1.04
BT-16	PV3	15.00	0.0760	15	9.36	7.10	0.98
BT-17	PV3	11.35	0.0855	15	7.08	5.37	0.74
BT-18	PV4	28.50	0.0312	15	17.78	13.48	1.85
BT-19	PV4	15.00	0.0480	15	9.36	7.10	0.98
BT-20	PV5	16.00	0.025	15	9.98	7.57	1.04
BT-21	PV5	8.00	0.0725	15	4.99	3.78	0.52

**Notas:**

*El firme será de 5 cm de espesor, la cual puede ser de concreto de baja resistencia o bien pedacería de tabique.*

*El espesor de la cama de arena será de 10 cm.*

*Puede utilizarse como relleno, el material producto de la excavación, siempre y cuando el material sea sano.*

Desarrollo para el cálculo de volúmenes en Pozos de Visita:

**Excavación:** Es el resultado de multiplicar la altura de la estructura (considerando la cama de arena y el firme: *el cual será de 10 cm de espesor*), ver el Plano C "Pozos de Visita", por el ancho de zanja (Ver Tabla 22) y por la longitud del conducto (Ver Tabla 20.- Elevación y Nivelación del Colector).

**Relleno:** Es la diferencia del resultado del volumen de Excavación menos el volumen que ocupa el tubo. Deben hacerse las mismas consideraciones para el diámetro, que se hicieron en las estructuras de captación.

**Cama de arena:** Es el producto del valor respectivo del ancho de zanja (de acuerdo con la Tabla 22.- Anchos de zanja) por 0.10 m de espesor (según la norma) y por la longitud de desarrollo del tubo.

**Tabla 24.- Volúmenes de excavación, relleno y arena para el Colector.**

DATOS DE LA ESTRUCTURA					VOLUMENES (m <sup>3</sup> )		
ESTRUCTURA		LONGITUD (m)	s (m/m)	Ø (cm)	EXCAVACIÓN	RELLENO	ARENA
DE	A						
PV1	PV2	52	0.02	30	96.93	81.23	4.16
PV2	PV3	76	0.013	30	141.66	118.73	6.08
PV5	PV4	56	0.002	38	92.23	71.12	5.04
PV4	PV3	47	0.009	38	97.29	79.57	4.23
PV3	EST-VER	14.94	0.0067	60	59.16	50.15	1.79

A continuación en la Tabla 25 se hace el resumen de los materiales a ocuparse en la Obra Hidráulica, con referencia a las Tablas 23 y 24, exponiendo en esta los principales elementos que integran dicha obra, ya que son necesarios para la realización del Proyecto. Cuyo valor se obtiene de la sumatoria de las columnas correspondientes a cada concepto.

**Tabla 25.- Materiales para la Obra Hidráulica.**

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD
Excavación	680.72	m <sup>3</sup>
Relleno	552.47	m <sup>3</sup>
Arena	41.45	m <sup>3</sup>
Tubería de PEAD		
Ø 15 cm	310.00	m
Ø30 cm	128.00	m
Ø38 cm	103	m
Ø60 cm	14.94	m
Pozos de Visita Común	5	Pza
Bocas de Tormenta	18	Pza
Rejillas de piso	3	Pza
Mangas de Empotramiento	9	Pza

**Nota:**

\* Las Mangas de Empotramiento se usarán solamente para la unión de los Pozos de Visita Común.

## 10. Estructura de vertido.

La estructura de vertido a usar en este proyecto es un lavadero que funciona como canal a cielo abierto, en donde conocidos el Gasto, la pendiente y la rugosidad  $n=0.013$ , ya que el material con el que va a ser construido es concreto, se procede con el diseño de dicha estructura. Conforme lo siguiente:

El método para definir el tirante será el de Tanteos, que se aplicara a la expresión de velocidad de Manning, cuya expresión es la siguiente:

$$\frac{Qn}{s^{1/2}} = ARh^{2/3} \quad (17)$$

Donde:

Q= Gasto, en  $m^3/s$ .

n= Coeficiente de rugosidad, adimensional que depende de las características del material del canal.

s= Pendiente del terreno, en m/m.

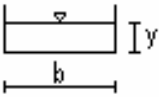
A= Área hidráulica, en  $m^2$ .

Rh= Radio Hidráulico, en m. Definido como el área hidráulica entre el perímetro mojado.

Y que consiste principalmente: sustituir los valores mencionados (Q, s y n) en la parte izquierda de la expresión (17), lo que nos arroja una constante a la que debe igualarse la parte derecha de la mencionada ecuación. Ya que a la base se le propone un valor x, mientras que se plantean valores al tirante y se prosigue a obtener los elementos geométricos del canal, tantas (iteraciones) veces como sea necesario, hasta encontrar el valor que cumple con la respectiva igualdad.

El canal será rectangular, el motivo principal es por que no es tan grande la cantidad de gasto que se introduce en esta. A continuación en la Tabla 26 se muestran los elementos de la sección del canal.

**Tabla 26.- Elementos Geométricos de la sección del canal.**

CANAL TIPO	ANCHO SUPERFICIAL (m)	TIRANTE HIDRAULICO (m)	AREA (m <sup>2</sup> )	PERIMETRO MOJADO (m)	RADIO HIDRAULICO (m <sup>2/3</sup> )
	b	y	by	b + 2y	$\frac{A}{P}$

El material con que esta hecho el canal será de concreto con una terminación con llana metálica (palustre). En seguida en la Tabla 27 se dan a conocer los diferentes valores de rugosidad “n” de los materiales a usar en los canales, exponiendo en esta el valor correspondiente a usar en el proyecto.

**Tabla 27.- Valores del coeficiente de rugosidad “n”.**

(Las cifras en negrilla son los valores generalmente recomendados para el diseño)

TIPO DE CANAL Y DESCRIPCIÓN	MINIMO	NORMAL	MÁXIMO
Concreto:			
Terminado con llana metálica (palustre)	0.011	<b>0.013</b>	0.015
Terminado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
Pulido, con grava en el fondo	0.015	0.017	0.020
Sin pulir	0.014	0.017	0.020
Lanzado, sección buena	0.016	0.019	0.023
Lanzado, sección ondulada	0.018	0.022	0.025
Sobre roca bien excavada	0.017	0.020	
Sobre roca irregularmente excavada	0.022	0.027	



Para proseguir con el análisis debemos hacer mención de los datos a sustituir en la expresión 17.

Gasto (Q): Es obtenido de la Tabla 16 (Datos de los Elementos Hidráulicos de los conductos de las Estructuras de Captación y Pozos de Visita del Proyecto.), se considera el Gasto del PV-3, ya que es el Gasto total recolectado por el conducto y consecuentemente será el gasto de salida, ( $Q = 0.7181 \text{ m}^3/\text{seg}$ ).

La pendiente (s): Esta se considera con la diferencia de elevaciones que hay de la salida del tubo (cota 2119.75 metros) al punto donde se encuentra la cota del río (2119.55 metros), entre la longitud existente entre los dos puntos que en este caso es de 4.09 metros, ( $s = 0.0489 \text{ m/m}$ ).

Coefficiente de rugosidad (n): Este valor se toma de la Tabla 27, considerando el tipo de material con el que va a ser construido dicho canal, (En este caso es de  $n=0.013$ ).

La base la propongo de 0.80 metro de ancho, para que no sea tan reducida esta y permita así un desalojo pertinente del agua.

Se realiza dicha sustitución, iniciando con un valor propuesto del tirante y se hace el debido llenado de la Tabla 26 para obtener los elementos geométricos del canal y verificar la igualdad. En la Tabla 28 se aprecian los resultados de los cálculos efectuados para distintas iteraciones con diferentes valores del tirante, así como también, la solución obtenida para el diseño del canal.

$$\frac{(0.7181)(0.013)}{(0.0489)^{1/2}} = ARh^{2/3}$$

$$0.0422 = ARh^{2/3}$$

**Tabla 28.- Diseño de los Elementos Geométricos de la sección del lavadero.**

b (m)	y (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	Rh (m)	Rh <sup>2/3</sup> (m <sup>2/3</sup> )	ARh <sup>2/3</sup> (m)
0.80	0.2568	0.2054	1.3136	0.1564	0.2903	0.0596
0.80	0.2570	0.2056	1.3140	0.1565	0.2904	0.0597
0.80	0.2600	0.2080	1.3200	0.1576	0.2917	0.0607
0.80	0.2015	0.1612	1.2030	0.1340	0.2619	0.0422

Como resultados finales para el diseño de la estructura de vertido se tiene un canal rectangular con una base de 0.80 metros y un tirante de 0.20 metros. Mientras que la velocidad será dada por la ecuación de Manning (expresión 11), la cual es igual a  $V = 4.45 \text{ m}^3/\text{seg}$ , y se propone un Bordo Libre de 0.40 m para que la altura total del canal sea igual a 0.60 metros. En la figura 14 se muestra una representación del canal con sus elementos geométricos, ya que en el Proyecto no se necesitara de dicha estructura, ya que el vertido se encuentra muy cerca del NAME, por lo tanto no se generara el Plano "E" antes mencionado.

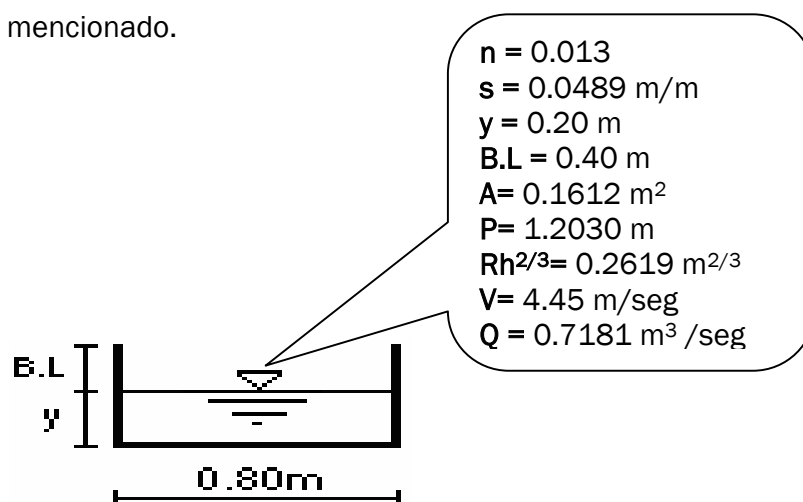
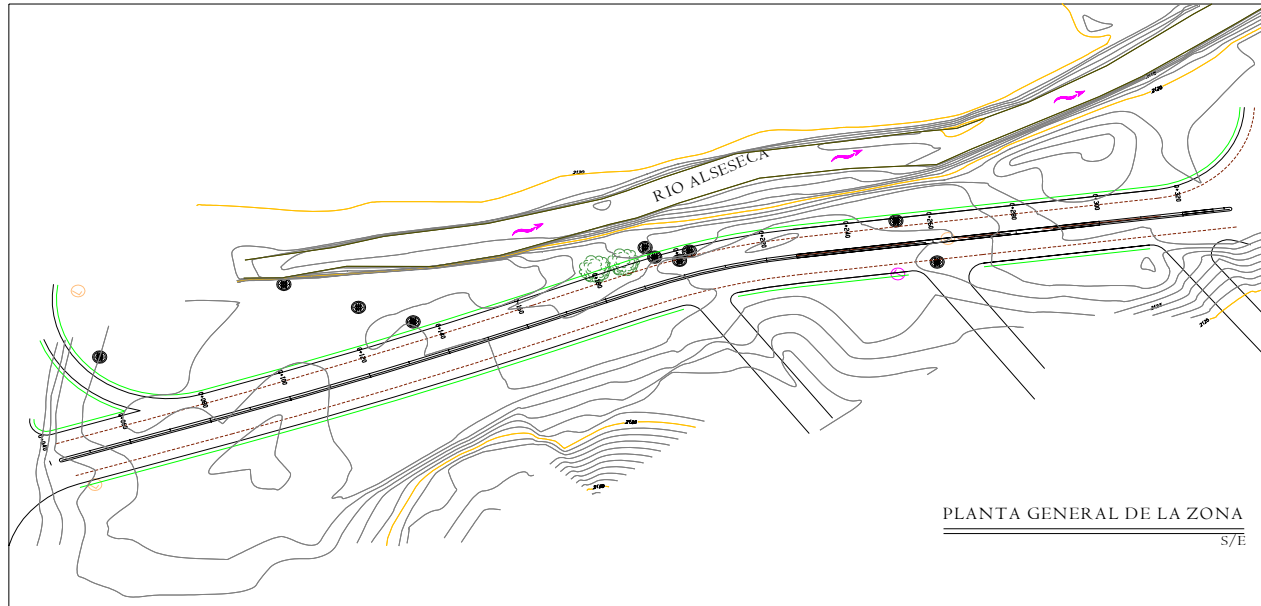
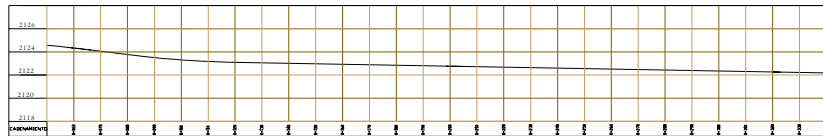


Figura 14.- Elementos Geométricos de la sección del canal.

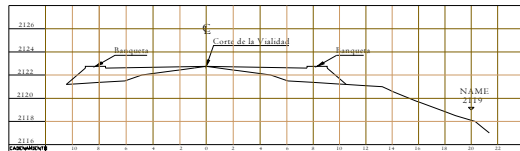
# PLANOS



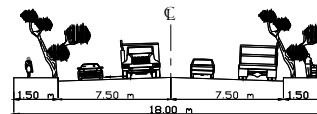
PLANTA GENERAL DE LA ZONA  
S/E



PERFIL LONGITUDINAL DE LA RASANTE DE LA AVENIDA NEZAHUALCOYOTL

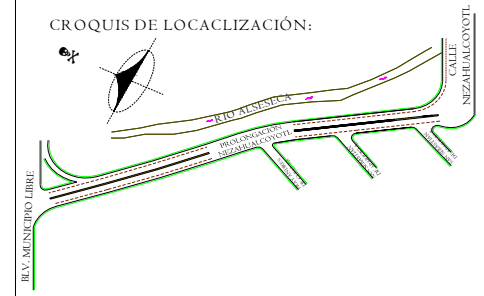


CORTE TRANSVERSAL DE LA AVENIDA PROLONGACIÓN  
NEZAHUALCOYOTL



SECCION TRANSVERSAL  
S/E

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:



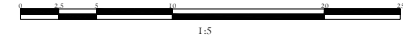
NOTAS:

UBICACIÓN:  
Municipio de Puebla.  
COLONIA:  
Ampliación Tres Cruces.

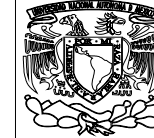
SIMBOLOGÍA:

- Pozo de Visita Común
- Poste de Luz
- Poste de TELMEX
- Escurrimiento
- Eje Principal
- Eje del Cauce
- Arbol

ESCALA GRAFICA:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN  
INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
"DESALOJO DEL AGUA PLUVIAL EN LA  
VIALIDAD DE NEZAHUALCOYOTL DEL  
MUNICIPIO DE PUEBLA, PUE."

TESIS PROFESIONAL

GONZÁLEZ GONZÁLEZ ERENDIRA

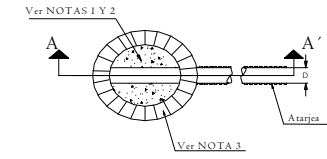
PLANO:

N°:

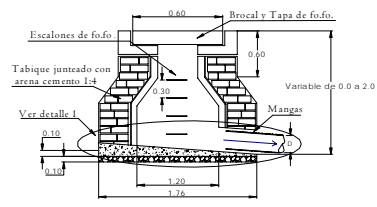
TITULO:  
PLANTA GENERAL

FECHA:  
FEBRERO 2009

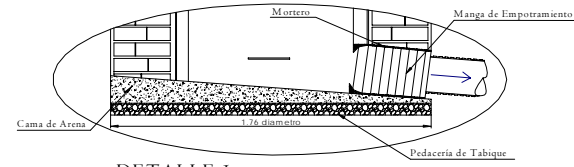




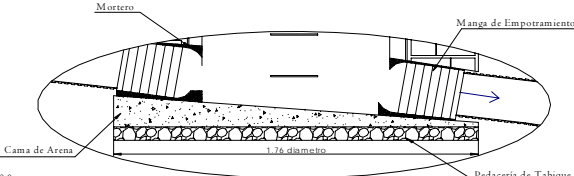
PLANTA DE POZO DE VISITA  
PV-1  
PV-5  
TIPO I S/E



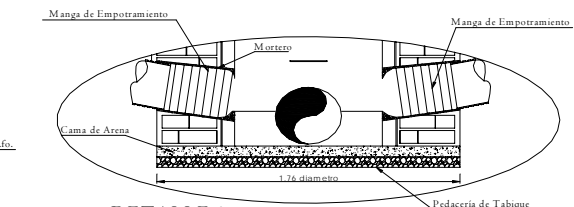
POZO DE VISITA TIPO I  
(CABEZA) CORTE A-A S/E



DETALLE 1 S/E



DETALLE 2 S/E



DETALLE 3 S/E

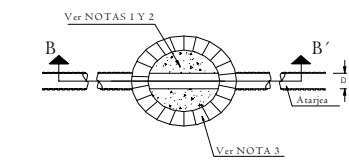


Datos para la Tubería de Pozos.

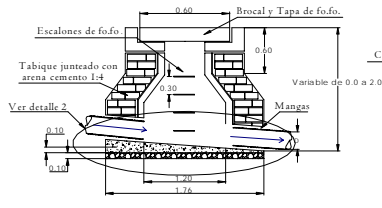
ESTRUCTURA	LONGITUD (m)	DIAMETRO (cm)
PV-1 - PV-2	52	0.0196
PV-2 - PV-3	76	0.0125
PV-5 - PV-4	56	0.0019
PV-4 - PV-3	47	0.0087
PV-3 - RIO	14.98	0.0067

Datos de Pozos de Visita Común.

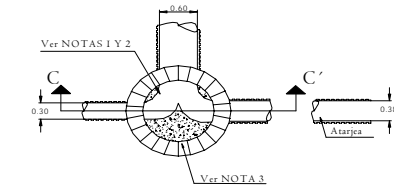
ESTRUCTURA	ALTURAS (m)	CADENAMIENTO (m)	ELEVACION DE (m)		
			BASENTE	ARRASTRE	FUNDO
PV-1	2.23	0+062	2124.29	2122.20	2122.06
PV-2	2.23	0+120	2123.10	2121.02	2120.87
PV-3	3.20	0+203	2122.75	2122.07	2119.55
PV-4	2.20	0+257	2122.53	2120.48	2120.33
PV-5	1.73	0+320	2122.28	2120.69	2120.55



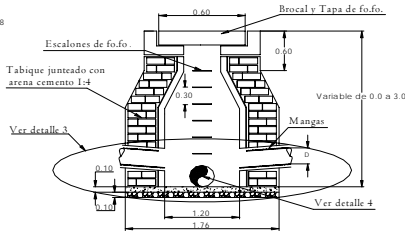
PLANTA DE POZO DE VISITA  
PV-2  
PV-4  
TIPO II S/E



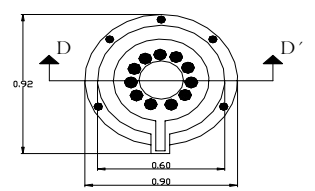
POZO DE VISITA TIPO II  
CORTE B-B S/E



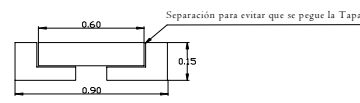
PLANTA DE POZO DE VISITA  
PV-3  
TIPO III S/E



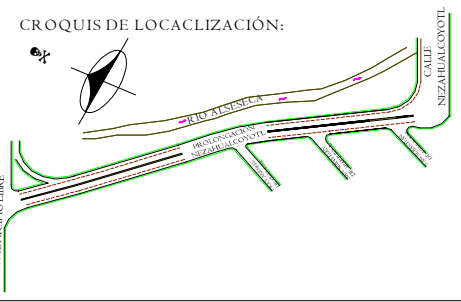
POZO DE VISITA TIPO III  
CORTE C-C S/E



PLANTA DE TAPA Y BROCAL S/E



CORTE D-D S/E



**NOTAS:**

- 1.- Aplanado cemento-cal-arena 1:2:8 acabado pulido de 1.5 cm de espesor.
- 2.- Mesta para media caña de tabique o tabicón asentada con mortero cemento-arena 1:3 y aplanado cemento-cal-arena en proporción 1:2:8, acabado pulido de 1.5 cm de espesor en la parte superior.
- 3.- Muro de Tabique o tabicón de 28 cm de espesor junteado con mortero cemento-arena 1:4. Acotaciones en metros.

Escalones Fo.Fo. @ 30 cm apartir de los 60 cm. Anclados al muro, cuando el registro tenga una altura mayor a 1.00 mt.

Tapa y Brocal de Fo.Fo. simple con armado y de hierro Ductil asentados con mortero cemento-arena 1:3, marca NARESA o similares.

Mangas de Empotramiento de junta hermetica marca 3PC o similares y mortero cemento-arena 1:5 para sellar y emboquillar la tubería.

Se empleará tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) para drenaje con interior liso exterior corrugado y sistema de unión espiga-campana, cuyas especificaciones deben cumplir la Norma Mexicana NMX-E-021-1998-SCFI.

El espesor de la cama de arena sera de 10 cm.

El firme sera de 10 cm de espesor, el cual puede ser de concreto de baja resistencia o bien pedacera de tabique.

Este Plano se complementa con los Planos "B" Planta y Perfil del Colector y "D" Estructuras de Captación.

**ESCALA GRAFICA:**  
La que se indique en cada dibujo.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN  
INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
"DESALOJO DEL AGUA PLUVIAL EN LA VIALIDAD DE NEZAHUALCOYOTL DEL MUNICIPIO DE PUEBLA, PUE."

TESIS PROFESIONAL  
GONZÁLEZ GONZÁLEZ ERENDIRA

PLANO: N°: TITULO: FECHA:  
POZOS DE VISITA COMUN FEBRERO 2009



# CONCLUSIONES



## CONCLUSIONES

Para la realización de este trabajo se dio a la tarea de ver las posibles alternativas a ejecutar antes de llegar a una solución y así elegir la más eficaz, considerando brindar un buen servicio a la comunidad y una vida útil a la misma vialidad, evitando problemas de encharcamiento e inundaciones a la población, haciendo viable también que la construcción resulte económica.

El desarrollo hidráulico de este proyecto consistió en desalojar el agua recolectada por las estructuras de captación pasando a su vez por las de conexión y mantenimiento, para finalizar con la descarga de las mismas a una corriente natural que es lo más adecuado para el ciclo hidrológico.

Específicamente podemos concluir el desarrollo del problema planteado en cuatro aspectos importantes para la elaboración del proyecto, los cuales a su vez son los puntos de interés más sobresalientes:

1.- Respecto al trazo se considero y se ajusto a nuestras necesidades, ya que como se muestra en el perfil la elevación disminuye hasta donde se localiza el PV-3 en el cual se encuentra situada la estructura de vertido, pero al continuar a el PV-4 y el PV-5 aumenta nuevamente el nivel provocando pendientes negativas, y para darle solución a este problema se coloco en la parte inferior de lado derecho del colector el PV-5 con una altura menor a la de los demás, obteniendo como resultado un desalojo pertinente sin problemas de acumulación de agua en este.

2.- Referente a las estructuras de captación, se utilizaron coladeras pluviales de piso y banquetas esto con el fin de poseer mayor capacidad de desalojo de agua pluvial. La cantidad de estas no fue excesiva, ya que se colocaron a distancias prudentes esto para que el agua no recorriera distancias grandes y provocar con esto encharcamientos.

3.- En cuanto a los pozos de visita, estos fueron colocados de esa manera con la finalidad de que el colector sea simétrico, y que el agua recorra la misma distancia antes de llegar a la estructura de vertido, que en este caso sera solamente un zampeado de mampostería, proporcionando con esto diámetros pequeños y previniendo que el agua se sature y provoque inundaciones futuras. Las alturas fueron manejadas de tres tipos, el PV-3 se manejo con una altura de 3.00 metros, para que en el llegaran sin dificultad los colectores de las bocas de tormenta, así

como los de los mismos pozos, pero cuidando la altura de la elevación del río para no ocasionar problemas hidráulicos. El PV-5 se diseño con una altura de 1.50 metros por el problema del trazo de elevaciones, mientras que los pozos restantes se manejaron de 2.00 metros.

4.- Finalmente, la estructura de vertido, que en este caso no fue indispensable, ya que el desalojo se encuentra muy cerca del NAME colocando un zampeado de mampostería para evitar azolve a este. Y se coloco en la parte media del colector, esta ubicación fue propuesta por que se encuentra en un punto más cercano al río Alseseca.

Y en cuanto al crecimiento de la urbanización sabiendo que cada día es más elevado, hace falta realizar proyectos de esta índole en donde la cantidad de agua pluvial recolectada se dirija a afluentes naturales para el uso posterior de esta, ya que no estamos en tiempos de desperdiciar este elemento vital, pues en muchos lugares del mundo no disponen de agua para consumo recurriendo a esta. Tomando en cuenta que nos encontramos en una región, me atrevo a decir con alta precipitación en sus temporadas, no demos vuelta a la hoja y hagamos conciencia para la realización de más proyectos y ejecución de estos, en donde salgamos todos beneficiados y así poder contribuir a crear un ambiente más sano y un mejor nivel de bienestar para el ser humano.

# **ANEXOS**



**ALCANTARILLADO**

**Brocal con Tapa  
para Pozo de Visita  
con halo**

**Ficha Técnica**  
**PRODUCTO**  
**101-02**



Estructura de acero armado








91.6 cm

Logotipo

Ø 63.2 cm

Ø 88.7 cm

Vista Corte A - A'

15 cm

Ø 53.5 cm

Refuerzos de acero

Separación para evitar que se pegue la tapa

Nota: Las dimensiones pueden variar un 5%

- \* Autoextinguibles.
- \* De larga duración.
- \* Diseños modernos.
- \* Prácticamente irrompibles.
- \* Con protector de rayos UV.
- \* Estructurados con acero armado.
- \* Rotulados con logotipo personalizado.
- \* No producen ruido con el paso de vehículos.
- \* Brocal con mayor superficie de asentamiento.
- \* Resistencia conforme a Normas Internacionales.
- \* Probadas en calles y avenidas de máxima circulación.
- \* Cero robos, por ser un producto sin valor de reciclado.
- \* Ahorro considerable en costos de transporte e instalación.
- \* Pesan mucho menos que las fabricadas en cualquier otro tipo de material.

**Con espacio entre el  
brocal y la tapa para  
evitar que se peguen**



**Resistencia a la Fatiga:** 3'000,000 ciclos con 5,000 kgf. sin falla, pruebas (Laboratorio Instituto Politécnico Nacional)

**Material:** Polietileno

Nacional Recuperadora S.A. de C.V. 01(800)201-8465 www.naresa.com

NARESA

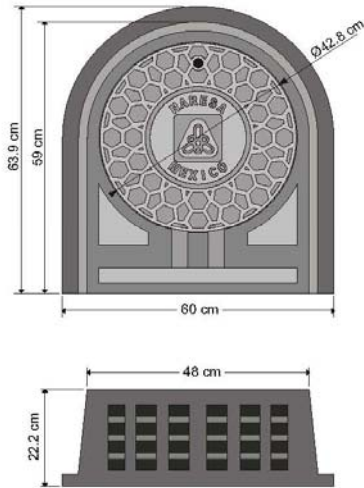


## ALCANTARILLADO

Coladera Pluvial  
de Banqueta  
Sencilla con Rejilla

Ficha Técnica

PRODUCTO  
103-03



- \* Autoextinguibles.
- \* De larga duración.
- \* Diseños modernos.
- \* Prácticamente irrompibles.
- \* Con protector de rayos UV.
- \* Rotulados con logotipo personalizado.
- \* Con doble rejilla para evitar el paso de sólidos.
- \* Resistencia conforme a Normas Internacionales.
- \* Probadas en calles y avenidas de máxima circulación.
- \* Cero robos, por ser un producto sin valor de reciclado.
- \* Ahorro considerable en costos de transporte e instalación.
- \* Pesan mucho menos que las fabricadas en cualquier otro tipo de material.

Doble rejilla para  
impedir el paso  
de sólidos.



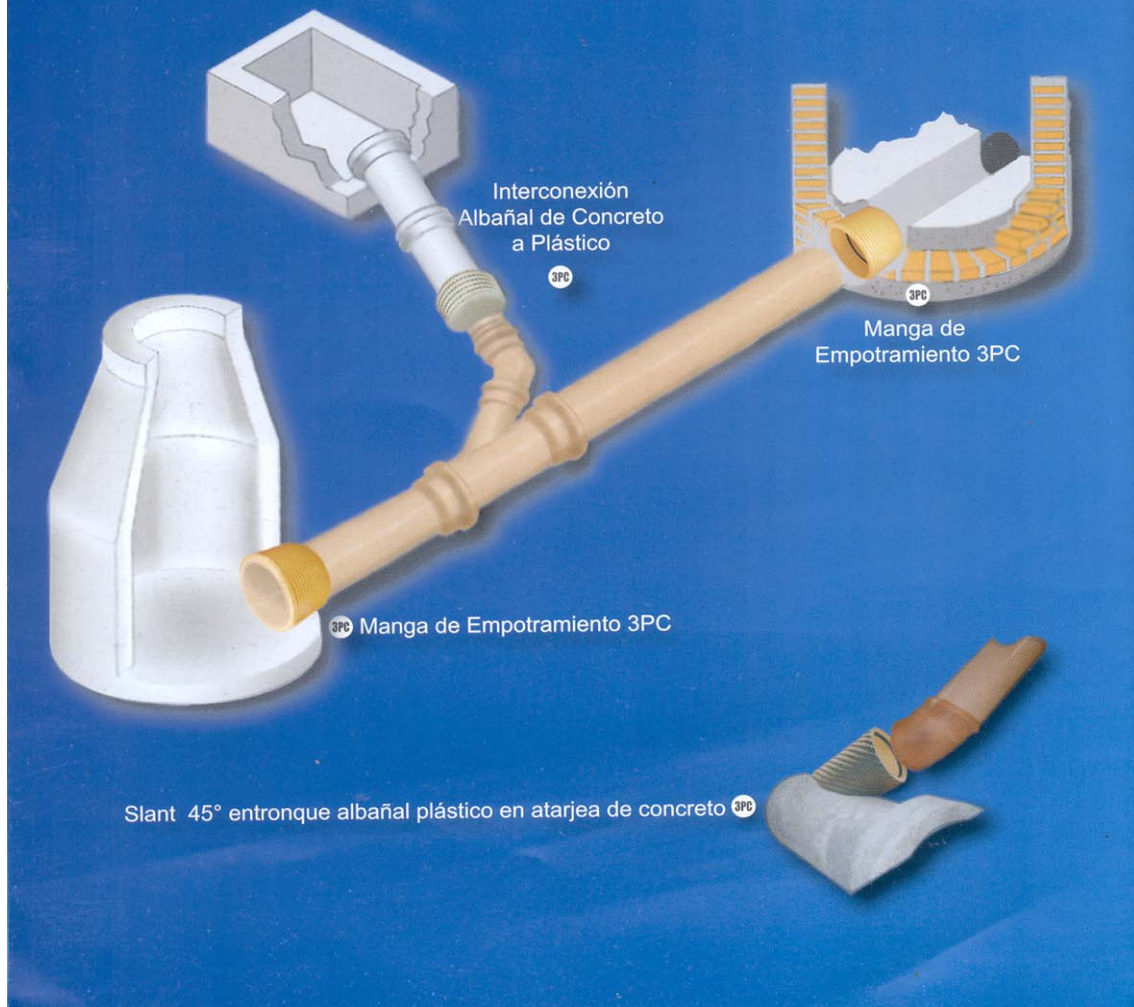
Nota: Las dimensiones pueden variar un 5%

Nacional Recuperadora S.A. de C.V. 01(800)201-8465 www.naresa.com

Material: Polietileno

### Complementos PUR para Sistemas de Alcantarillado Hermético

Fabricados en poliuretano ( PUR ), material plástico desarrollado en el siglo XX y utilizado cada vez más por la industria de países altamente desarrollados, su principal característica es que gracias a la excelente adherencia del poliuretano con el concreto, la mezcla de cemento-arena y el uso de empaques de material elastomérico y/o la unión monolítica a componentes plásticos, es posible interconectar un medio rígido a uno flexible sin que se generen concentraciones de esfuerzos, logrando uniones totalmente herméticas entre elementos de diferentes materiales durante la vida útil de los sistemas. Estas uniones pueden ser probadas exitosamente siguiendo el procedimiento de la NOM-001-CNA vigente para Sistemas de Alcantarillado Sanitario.



#### Manga de empotramiento 3PC



Une herméticamente tuberías plásticas a pozos de visita y registros de concreto o de ladrillo y mezcla de cemento-arena. Al mismo tiempo protege a los tubos conectados ante cualquier movimiento diferencial lineal o angular que se presente por un asentamiento. La textura de la superficie exterior garantiza una firme unión y el empaque de material elastomérico Tipo III, apto para uso en sistemas de alcantarillado sanitario ( NMX-T-021-vigente ), de sección toroidal permite que el tubo tenga movimientos angulares al instalarlo liberándolo de esfuerzos no deseados.

Esta diseñada para recibir tubos y conexiones serie métrica de 110 a 800 milímetros de diámetro nominal según Normas NMX o ISO. Sin embargo, es posible fabricar otras medidas según la demanda de nuestros clientes.

La unión a pozos de visita y registros se realiza ahogándola en concreto o embebida en la mezcla de cemento-arena. Antes o después de esta operación el tubo se introduce en la manga utilizando lubricante para tuberías aplicándolo tanto en el empaque de la manga como en la espiga del tubo ( extremo con chaflán ).

#### Interconexión albañal de concreto a plástico



Principalmente se utiliza en la rehabilitación de sistemas de alcantarillado en donde se necesita conectar el albañal existente a la descarga domiciliaria de la nueva red de tubería plástica.

La campana de la interconexión, cubierta de poliuretano, permite la unión hermética al albañal de concreto al calafatear perimetralmente la mezcla de cemento y arena fina ( rica en cemento; pudiendo utilizar aditivos adherentes ) y darle un acabado achafanado. Por el otro extremo la interconexión recibe a la campana del nuevo tubo de plástico, la del codo, o cople ( si el tubo es de extremos lisos ), aplicando previamente lubricante sólo en las espigas de los componentes a unir.

Disponible en medidas nominales de 15 cm ( albañal concreto ) x 160 mm ( tubo plástico, serie métrica). Según demanda es posible fabricar otras medidas, para recibir tubos de polietileno.

#### Slant 45° entronque albañal plástico en atarjea de concreto



La parte interior plástica esta cubierta con poliuretano mediante el cual es posible formar un entronque hermético unido con mezcla de arena fina y cemento en proporción 1:1 y aditivos si se requiere mejorar la adherencia al tubo existente de concreto.

El procedimiento de unión consiste en perforar el tubo de concreto según la plantilla incluida en el producto, preparar y aplicar la mezcla bondadosamente entre las piezas a unir cuidando que la espiga del slant quede bien insertada en la perforación realizada y la mezcla perimetralmente distribuida en forma de chaflán.

La campana del slant recibe al codo de 45° y éste a su vez recibe al tubo de la descarga para lo cual se aplica lubricante en las espigas antes de hacer las uniones.

Las medidas nominales disponibles son 110 mm ( albañal plástico, serie métrica ) x 200 mm ( atarjea de concreto ) y para recibir tubos de polietileno de 160 x 200 mm respectivamente; tambien es posible fabricar otras medidas, según las necesidades del usuario.

# **BIBLIOGRAFIA**



- ✓ Normas del Reglamento del Distrito Federal, México 2002.
- ✓ Normas para Abastecimiento, "**Manual de Alcantarillado Pluvial**", Editorial Comisión Nacional de Agua, Mexico 2000.
- ✓ Sánchez Segura Araceli, "**Proyectos de Sistemas de Alcantarillado**", Editorial Instituto Politécnico Nacional, México 1995.

#### **Electrónica.**

- ✓ [www.puebla.gob.mx](http://www.puebla.gob.mx)
- ✓ [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx)
- ✓ [www.geocities.com/pctrespc](http://www.geocities.com/pctrespc)
- ✓ [gilibaguilar@yahoo.com.mx](mailto:gilibaguilar@yahoo.com.mx)
- ✓ [www.naresa.com](http://www.naresa.com)