

# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

## **REVISIÓN DE OBRAS DE DRENAJE DEL TRAMO “0+100 AL 2+000” DE LA CARRETERA ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA.**

**Tesis**

**que para obtener el título de**

**Ingeniero Civil**

**Presenta**

**Gabriel Chávez Álvarez.**

Asesor:

**Ing. Sandra Natalia Parra Macías**

Uruapan, Michoacán, 2008.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi madre por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de mi caminar por el tiempo y principalmente por brindarme la oportunidad de estudiar esta carrera que para mi es tan valiosa y estoy seguro que para ella también, gracias por ser tan valiente y capaz de enfrentar y superar todos los obstáculos que intentaban truncar mi caminar académico, nuevamente e incansablemente repito “muchas gracias MAMA”. En segundo lugar quiero agradecer a mi padre por darme la oportunidad de demostrar que en realidad podía alcanzar mi meta propuesta y poder hacerlo sentir orgulloso por no haberle defraudado con mi decisión, quiero agradecerle también a él por haberme conducido por el buen camino y hacer de mí un hombre de bien. Gracias a toda mi familia por haberme brindado su apoyo y demostrarme con hechos que nunca estuve solo, que siempre tuve una mano extendida para ayudarme a levantarme de mis tropiezos, gracias también por creer en mí y confiar en que sí podía conseguir la victoria. Gracias a mis amigos por haberme dado alientos de valor en momentos de estrés y desesperación. Gracias a mis maestros por forjarme en lo que hoy soy, por haber dado lo mejor de sí y por dedicarme el tiempo que fuese necesario para transmitirme sus conocimientos. Quiero dar gracias también a todos los que influyeron directa o indirectamente en mi realización como ingeniero, son muchos los que pusieron su granito de arena y aunque no los puedo mencionar a todos, les doy las más sinceras gracias. Gracias a la vida por permitirme llegar hasta este momento y gracias, pero muchas gracias a DIOS, por todo lo que me ha permitido lograr.

## DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi madre y a la memoria de mi padre porque sin ellos nunca hubiese realizado este importantísimo logro en mi vida.

Con este documento quiero recompensar algo de lo mucho que hiciste por mí mamá, sé que para ti con el simple hecho de que yo te lo diga es suficiente, pero para mí es necesario entregarlo a ti por escrito porque sé que lo conservarás y que si algún día te sientes sola lo leerás y sentirás como si estuviera contigo ya que para ti lo más importante en esta vida es estar junto a tus hijos y de eso no me queda la menor duda, quiero que sepas que mis logros son tus logros porque lo que tengo, lo que hago y lo que soy te lo debo a ti. Quiero que sepas que has sabido ser una buena madre porque siempre has estado dispuesta a dar el todo por el nada, nunca has esperado recibir nada a cambio de algo, sin embargo siempre has entregado lo mejor de ti y me has guiado por el buen camino, me enseñaste valores muy importantes, me enseñaste a trabajar, me enseñaste a reír, me enseñaste a amar, en fin todo lo que aprendí de ti es maravilloso y si algún día hago algo que no sea muy bueno, no te culpes, puedes estar completamente segura de que eso no lo aprendí de ti. Quiero que sepas también que esta meta es solo el principio de un nuevo camino que la vida me ofrece y que no lo voy a dejar pasar sin antes hacer todo lo posible para poner en práctica mis conocimientos, virtudes y habilidades para poder así generar satisfacción y realización de mi mismo, aunque sé que para lograrlo va requerir mucho de mí, pero estoy dispuesto a darlo todo.

# ÍNDICE

Introducción.

Antecedentes.	1
Planteamiento del problema.	3
Objetivo.	4
Preguntas de investigación.	4
Justificación.	5
Delimitación.	6

Capítulo 1.- Vías terrestres.

1.1. Antecedentes de los caminos.	7
1.2. Aplicación del inventario de caminos.	8
1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito.	9
1.4. Tipos de velocidades empleadas en los caminos.	11
1.5. Volumen de tránsito en las vías carreteras.	13
1.6. Densidad de tránsito en un tramo carretero.	14
1.7. Derecho de vía de las carreteras.	14
1.8. Distancias necesarias de visibilidad.	15
1.9. Capacidad y nivel de servicio.	16
1.10. Las carreteras y su mecánica de suelos.	17

## Capítulo 2.- Drenaje.

2.1. Antecedentes de los drenajes.	19
2.2. Objetivo del drenaje en carreteras.	19
2.3. Hidrología.	20
2.3.1. Aplicaciones de la hidrología.	20
2.4. Ciclo hidrológico.	21
2.5. Determinación de una cuenca hidrológica.	22
2.5.1. Fisiología de la cuenca hidrológica.	22
2.5.2. Necesidades generadas por una cuenca.	26
2.6. Precipitación.	28
2.6.1. Formas de medir la precipitación.	28
2.7. Escurrimiento.	29
2.7.1. Hidrograma.	30
2.7.2. Aforo de corrientes.	31
2.8.1. Factores que afectan la capacidad de infiltración.	33
2.8.2. Medición de la infiltración.	34
2.9. Agua subterránea.	34
2.10. Avenida de diseño.	35
2.10.1. Métodos para determinar la avenida de diseño.	35
2.10.2. Transito de avenidas.	36
2.11. Obras de drenaje en los caminos.	37
2.12. Drenaje superficial.	37
2.12.1. Cunetas.	38
2.12.2. Contra cunetas.	42

2.12.3. Zampeado.	43
2.12.4. Lavaderos.	43
2.12.5. Bombeo.	43
2.12.6. Vados.	44
2.13. Drenaje subterráneo.	44
2.13.1. Alcantarillas.	45
2.13.2. Puente-vado.	54
2.14. Puentes.	55
Capítulo 3.- Marco de referencia.	
3.1. Generalidades.	56
3.2. Resumen ejecutivo.	57
3.3. Entorno geográfico.	58
3.3.1. Macro y micro localización.	58
3.3.2. Topografía regional y del tramo.	59
3.3.3. Geografía regional y del tramo.	60
3.3.4. Hidrología regional y del tramo.	62
3.3.5. Uso del suelo regional y del tramo.	62
3.4. Informe topográfico.	63
3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.	64
3.4.2. Estado físico actual.	65
3.4.3. Vehículos que circulan por la vía.	65
3.4.4. Obstáculos.	65
3.5. Estudio de tránsito.	66

3.6. Alternativas de solución.	66
Capítulo 4.- Metodología	
4.1. Método empleado.	67
4.2. Enfoque de la investigación.	68
4.2.1. Alcance.	68
4.3. Diseño.	69
4.4. Instrumentos de recopilación de datos.	69
4.5. Descripción del proceso de investigación.	69
Capítulo 5.- Análisis y revisión del proyecto.	
5.1. Datos relevantes del proyecto.	70
5.2. Revisión del proyecto.	75
5.2.1. Determinación de la cuenca y su pendiente.	75
5.2.2. Diseño de la cuneta.	77
5.2.3. Diseño de las alcantarillas.	82
2.2.3.1. Alcantarilla de tubo.	83
5.2.3.2. Alcantarilla de losa.	90
5.2.4. Diseño de lavaderos.	101
5.2.5. Diseño del bombeo.	101
5.3. Relación entre proyecto nuevo y existente.	102
Conclusión.	105
Bibliografía.	107
Anexos.	

## **RESUMEN**

En primera instancia se hizo una visita al tramo en estudio y se realizó un levantamiento visual de las condiciones en las cuales se encontraba dicho tramo, además se señalaron los datos más relevantes del proyecto como el número de alcantarillas, las condiciones de las cunetas, etc. Posteriormente se hizo un levantamiento topográfico, y la configuración de las secciones que conforman el tramo.

Una vez obtenidos los datos anteriores, se procedió a analizar los sistemas de drenaje necesarios para esas condiciones topográficas, climatológicas y sociales, los cuales arrojaron como resultado un sistema diferente al ya existente, donde el nuevo sistema propuesto incluye mas tramos de cunetas y mayor numero de alcantarillas, así como mayor dimensión en las mismas.

Debido a lo ya mencionado, se determina que el sistema existente resulta ineficiente al no cumplir con los requerimientos de las normas estipuladas por los organismos competentes como es la SCT y la SOP.



# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

De acuerdo con The Armco International Corporation (1958), a través de la experiencia y la observación de fenómenos, se ha demostrado que en la construcción de vías de comunicación (carreteras), las obras de drenaje son sumamente importantes, tanto para la funcionalidad y durabilidad de los propios tramos carreteros como para la seguridad y comodidad de los usuarios de los mismos.

Para diseñar los elementos de una red de drenaje es necesario conocer el origen y la magnitud de los caudales máximos que pueden llegar a la red.

“El exceso de humedad en el lecho de la vía causa perjuicios de 4 maneras: (a) reduce mucho la resistencia a la sustentación de los suelos de todas clases, en algunos mas que en otros, dando como resultado zonas blandas; (b) en caso de heladas produce levantamientos; (c) en caso de aumento o disminución del exceso de agua, se producen ensanchamientos y contracciones desiguales con desplazamientos irregulares de la vía; y (d) frecuentemente se producen asentamientos y deslizamientos.” ( The Armco International Corporation; 1958:337)

Según Olivera (2006), los primeros caminos fueron de tipo peatonal (veredas), las cuales se construyeron para la búsqueda de alimentos, posteriormente, estos tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista. Después, con la invención de la rueda fue necesario el revestimiento y el desalojo de la presencia de agua de los caminos para impedir que estas se resbalaran o sumergieran en el lodo y así desarrollar un tránsito más rápido y cómodo. Para construir estos recubrimientos se utilizaba desde piedra machacada hasta empedrados como los de la vía Apia, donde jugaban carreras de carretas; estos recubrimientos tenían la finalidad de recibir las cargas sin la ruptura estructural, así como distribuir los esfuerzos en zonas cada vez más amplias con la profundidad para que los soportara el terreno natural, además sacar el agua lo más rápido posible de la vía para impedir que esta fuera dañada, las cuales son también funciones principales de los pavimentos actuales.

Existen pocas investigaciones acerca de este tema, como: ELEMENTOS Y ESTRUCTURAS DE DRENAJE, del autor Gustavo A. Silva Medina en Bogotá, Colombia (<http://www.construmatica.com>), y OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE, por Eduardo Castelán Sayago (<http://caminos.construaprende.com>).

## **Planteamiento del problema.**

En la presente tesis se estudiarán y plantearán las obras de drenaje necesarias en la construcción del tramo carretero 0+100 – 2+000 de la carretera Ziracuaretiro – La Cienega y se compararán con las existentes, ya que presenta una topografía semi-accidentada es decir de tipo “lomerío” con diferentes tipos de suelo como arcillas cohesivas de alta plasticidad, arcillas orgánicas y suelos rocosos.

La precipitación pluvial en esta zona es muy alta y muy densa, por tal motivo afecta directamente en el diseño de las estructuras de las obras de drenaje.

Es necesario tomar en cuenta el tráfico existente y el tipo de vehículos, ya que por ser una zona de producción agrícola, transitan vehículos pesados y que estos deben entrar y salir de la vía a lo largo de la misma, pudiendo ocasionar lesiones a las diferentes estructuras si estas no se diseñan adecuadamente para soportar tales efectos.

Actualmente existen obras de drenaje, las cuales al parecer no cumplen con el propósito fundamental para lo cual fueron creadas, en la presente investigación se estudiarán estas estructuras para determinar si son o no las adecuadas y se dará una recomendación para un mejor funcionamiento de las mismas, en caso de ser necesario.

## **Objetivos.**

**Objetivo general:** Hacer una revisión visual y analizar las condiciones actuales que presenta el tramo en estudio para diseñar las obras de drenaje necesarias y compararlas con las obras existentes en dicho tramo y así, evaluar la situación en la cual se encuentra.

## **Objetivos particulares:**

- Controlar el agua que llaga a la vía y la afectan por escurrimiento superficial, independientemente que las aguas hayan caído sobre o fuera de la vía y llevarla hasta su disposición final.
- Desalojar el agua lo más rápido posible de la vía con la finalidad de brindar seguridad a los usuarios de la misma al reducir las posibilidades de deslizamiento de neumáticos.
- Brindar durabilidad a la estructura del pavimento al reducir los índices de humedad en la misma.

## **Preguntas de investigación.**

La presente tesis pretende dar respuesta a algunas preguntas de interés, las cuales son:

1. ¿Que es una vía carretera?
2. ¿Qué es un drenaje, cuales son sus características y cuantos tipos existen?
3. ¿Será el sistema de drenaje existente el idóneo para el tramo carretero 0+100 – 2+000 de la carretera Ziracuaretiro-La Cienega?

## **Justificación.**

La presente investigación es de suma importancia, ya que con la ejecución de la misma se verán beneficiados directamente los habitantes de las localidades vecinas como Ziracuaretiro y La Cienega, los agricultores productores de los terrenos aledaños y todos aquellos que hagan uso de las obras proyectadas, además resultará beneficiada toda la región, ya que incrementará su productividad y competitividad y además mejorará los accesos a las áreas mas distantes de las zonas urbanas, todo esto se verá reflejado en la mejora de la economía del área beneficiada y sus ocupantes.

Por otro, lado contribuirá con la generación de empleos e incrementará la infraestructura del estado, además dará cabida a la práctica e investigación por parte de los profesionistas de la región

Es importante señalar que la ingeniería civil resultará directamente beneficiada al realizar dicha investigación ya que esta ofrece una nueva teoría. Al igual, los alumnos de ingeniería civil al momento en que consulten esta tesis; de la misma manera, todo aquel investigador que requiera información acerca de este tema.

De manera muy directa resultará beneficiada la persona que hace la presente investigación, puesto que podrá resolver las dudas que dieron origen a la misma.

## **Delimitación.**

En este estudio se tratará del drenaje superficial exclusivamente. Se hará una descripción de los factores que generan los caudales, y se presentarán procedimientos de cálculo para la determinación de caudales de crecienta. Posteriormente, se hará un análisis sobre las obras de drenaje existentes y se hará una comparación entre las obras propuestas y las obras actuales.

El proyecto en estudio corresponde al tramo 0+100 a 2+000 de la carretera estatal Ziracuaretiro – La Cienega.

Durante el proceso de investigación, se diseñarán las estructuras necesarias para el funcionamiento óptimo de las mismas, posteriormente se comparará con las obras existentes y se dará una recomendación en caso de ser necesario.

# **CAPITULO 1**

## **VÍAS TERRESTRES**

En el presente capítulo se hablará de la historia de los caminos y su evolución hasta la actualidad, también se tratarán los factores que se ven involucrados en este concepto como: los elementos de la ingeniería de tránsito, las velocidades empleadas en el diseño de una carretera, las distancias mínimas necesarias en la vía, los volúmenes de tránsito, entre otros.

### **1.1. Antecedentes de los caminos.**

De acuerdo con Mier (1987), en Asia se inventó la rueda hace unos 5,000 años, lo cual originó la necesidad de superficies de rodamiento, de igual manera en diferentes civilizaciones, incluyendo las de México como los aztecas y los mayas, quienes por sus actividades religiosas y bélicas utilizaban ampliamente los caminos, lo cual los llevó a construir más caminos, conservarlos y emitir leyes sobre ellos.

Las primeras modificaciones a los caminos fueron para comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos en forma adecuada, variando su estado de conservación según su grado de importancia. Posteriormente, el presidente "Benito Juárez" creó un impuesto dedicado a la conservación de caminos.

Con la aparición del automóvil en México 1906, el avance en los caminos tuvo gran importancia en el país, pues se vieron obligados a modificarlos y mejorarlos para satisfacer la nueva demanda.

Posteriormente se creó la Comisión Nacional de Caminos y se establecieron impuestos para la creación y mejoramiento de caminos, posteriormente, esta paso a depender de la Secretaria de Comunicaciones y Obras Públicas, después esta se divide en dos; una la Secretaría de Obras Públicas y la otra, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## **1.2. Aplicación del inventario de caminos.**

Según Mier (1987), existen métodos para obtener un inventario de caminos, los hay desde muy sencillos como medirlos con un hodómetro y solo observar, hasta muy complejos y costosos por medios topográficos.

La aplicación mas inmediata del inventario de caminos es la obtención de la capacidad de los caminos que integran la red revisando sus características geométricas, las cuales influyen en su capacidad. Estas características son: sección transversal, incluyendo ancho de carriles; distancia a obstáculos laterales; ancho y estado de los acotamientos; alineamiento horizontal, alineamiento vertical y distancia de visibilidad de rebase.



Otra importante aplicación del inventario consiste en señalar las obras necesarias y sus prioridades en los programas de reconstrucción, conservación y construcción.

Una vez terminado el inventario, este deberá mantenerse actualizado mediante el registro de los cambios y modificaciones al tramo carretero posteriores a la fecha de la realización del inventario con la finalidad de tener únicamente con revisiones periódicas el estado real y verdadero de la red de carreteras en cualquier momento.

### **1.3. Elementos de la ingeniería de tránsito.**

“La ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio del movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro.” (Mier; 1987:21)

“El problema del tránsito radica básicamente en la gran disparidad que existe entre los vehículos modernos y los caminos anacrónicos en los que tienen que moverse.” (Mier; 1987:21)

En simpatía con Mier (1987) los problemas de tránsito se deben a: la existencia de diferentes tipos de vehículos en el mismo camino, vías de comunicación inadecuadas que incluyen trazos urbanos anacrónicos, caminos angostos y con fuertes pendientes, falta de planeación en la proyección de los mismos, falta de educación vial y ausencia de leyes y reglamentos de tránsito

que se adapten a las necesidades del usuario. Estos factores se traducen en pérdidas de tiempo y de vidas humanas.

Los elementos que constituyen el tránsito son tres:

- **El usuario:** la constituye la población en general, ya sea en calidad de peatón o de conductor, el primero no tiene dificultad para adaptarse a cualquier camino dadas sus condiciones físicas; por el contrario, el segundo se ve afectado por otros factores como: visibilidad y tiempo de reacción.

- **El vehículo:** este es el medio que utiliza el usuario para trasladarse. En México el promedio de ocupantes por vehículos es de 2.9 personas por automóvil y 24 pasajeros por autobús. Los vehículos empleados para proyecto son: DE-450 para determinar las características de los caminos tipo D y E, y DE-610 para caminos tipo A y C. Existen 2 tipos de vehículos: ligeros y pesados, en México el 58% son ligeros y el 42% restante son pesados. La relación peso-potencia de los vehículos (principalmente de carga), afecta directamente para el alineamiento vertical de un camino.

- **El camino:** es la faja de terreno acondicionada para el tránsito de vehículos y pueden ser clasificados desde distintos puntos de vista como son:

- ✓ Por transitabilidad: camino pavimentado, revestido o de terracería.
- ✓ De acuerdo a la SCT: montañoso, lomerío y plano.
- ✓ Por capacidad: autopista (de 4 o más carriles), de dos carriles y brechas.

- ✓ Administrativa: caminos federales, de cooperación bipartita, de cooperación tripartita y caminos de cuota.

#### **1.4. Tipos de velocidades empleadas en los caminos.**

“La velocidad es un factor fundamental para el proyecto de un camino, ya que su utilidad y buen funcionamiento se juzgan por la rapidez y seguridad con que las personas y mercancías se mueven en él.” (Mier; 1987:39)

Mier (1987) distingue cuatro tipos de velocidades, las cuales son:

**Velocidad de proyecto:** es la máxima velocidad sostenida que ofrece seguridad en un tramo a lo largo de un camino y que gobierna las características de proyecto del mismo. La velocidad escogida para proyecto rara vez es la máxima que pueden desarrollar los vehículos, puesto que la mayoría pueden alcanzar velocidades mucho mayores que la considerada de seguridad. La elección de esta velocidad está influenciada principalmente por la topografía, el tipo de camino, los volúmenes de tránsito y por el uso de la tierra. La SOP recomienda como límites de velocidad de proyecto entre 30 y 110 KPH.

<p style="text-align: center;"><b>VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES POR LA SCT</b></p>
--

TOPOGRAFÍA				
TIPO DE CAMINO	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero Poco escarpada	Montañosa, pero Muy escarpada
Tipo especial	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
Tipo A	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
Tipo B	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
Tipo C	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h

“Tabla” (<http://caminos.construaprende.com>).

**Velocidad de operación:** es la velocidad real con que transitan los vehículos sobre el camino y es un índice de eficiencia que la carretera proporciona a los usuarios. Se define como la velocidad mantenida en un tramo a lo largo de un camino mientras el vehículo esta en movimiento. Esta velocidad se ve afectada notablemente por el volumen de tránsito que circula por el camino.

**Velocidad de punto:** es la que lleva un vehículo cuando pasa por un punto dado en un camino.

**Velocidad efectiva global:** se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo empleado, incluyendo altos y retrasos debidos a las condiciones prevalecientes del camino. Sirve para comparar condiciones de fluidez.

#### 1.5. Volumen de tránsito en las vías carreteras.

Dice Mier (1987), que el volumen de tránsito es el número de vehículos que se mueven en una dirección o direcciones específicas sobre un carril o carriles dados y que pasan por un punto determinado del camino durante un cierto periodo de tiempo. Los periodos más usuales son la hora y el día.

Existen algunas unidades muy empleadas como son: Volumen Promedio Diario Anual (VPDA), y Volumen Máximo Horario Anual (VMHA). Para poder emplear estas unidades es necesario hacer un conteo de vehículos o tomar los volúmenes de datos estadísticos.

Para el conteo del tránsito se aplican varios métodos como:

- ✓ Conteo manual: consiste en contar físicamente los vehículos que pasan y registrarlos en una bitácora.
- ✓ Conteos mecánicos: Aquí se encuentran los contadores neumáticos, los contadores electromagnéticos y los contadores de presión-contacto.
- ✓ Estudios de origen y destino: es el más completo, con el que puede conocerse la demanda existente en una ciudad, fijar rutas y justificar la construcción de un nuevo camino.

#### **1.6. Densidad de tránsito en un tramo carretero.**

Según Mier (1987), es el número de vehículos que se encuentran en un tramo de un camino en un momento determinado. Cuando la densidad aumenta, el volumen disminuye de tal manera que cuando el camino se encuentra congestionado el volumen puede llegar a ser igual a cero.

### **1.7. Derecho de vía de las carreteras.**

“Es una franja de terreno de un ancho suficiente que se adquiere para alojar una vía de comunicación y que es parte integrante de la misma.” (Mier; 1987:21)

Según Mier (1987), este ancho deberá establecerse tomando en cuenta que las condiciones de seguridad, utilidad y eficiencia sean las adecuadas para satisfacer las necesidades de la vía. En México se ha establecido un ancho de derecho de vía mínimo de 40 metros, es decir; 20 metros para cada lado del eje. Este ancho puede verse disminuido en zonas urbanas y casos especiales.

El proceso para la adquisición de los terrenos queda definido por la “ley de vías generales de comunicación”.

Las vías federales de comunicación son:

- ✓ **En los caminos:** cuando se entronquen con alguna vía de país extranjero, cuando comuniquen entidades federativas, cuando sean construidas por la federación en su totalidad o mayoría.
  
- ✓ **En los puentes:** los que estén sobre líneas divisorias internacionales, los que estén sobre vías generales de comunicación.

### **1.8. Distancias necesarias de visibilidad.**

Como lo menciona Mier (1987), existen dos distancias muy importantes en el diseño de cualquier vía, la distancia de visibilidad de parada y la distancia de visibilidad de rebase, las cuales se explican a continuación.

Distancia de visibilidad de parada. Es la necesaria para que el conductor de un vehículo moviéndose a la velocidad de proyecto pueda detenerse antes de llegar a un objeto fijo en su línea de circulación.

La anterior distancia depende tanto del conductor como del vehículo, por lo que respecta al primero, depende de sus reflejos y su experiencia principalmente. En cuanto al vehículo, en este intervienen más variables como el sistema de frenado, tipo de neumáticos, peso del vehículo, altura del mismo, etc.

Distancia de visibilidad de rebase. Es la necesaria para que un vehículo pueda adelantarse a otro que se encuentra en su línea de circulación y sin peligro de colisión con otro que aparezca en sentido contrario.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes estipula que la distancia mínima para rebase corresponde a multiplicar la velocidad de proyecto por 4.5 y el resultado será la distancia de visibilidad de rebase.

### **1.9. Capacidad y nivel de servicio.**

Como lo menciona Mier (1987), la capacidad es una medida de la eficiencia de una calle o un camino, y el nivel determina las condiciones de operación que un conductor experimenta durante un viaje, es decir; mientras más lejos esté un camino de alcanzar su capacidad, mejor será el nivel de servicio y viceversa.

La capacidad es el número máximo de vehículos que pueden circular por un camino bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del propio camino en un periodo de tiempo dado.

Las condiciones prevalecientes del camino son principalmente los alineamientos horizontal y vertical y el número y ancho de carriles. En cambio, las condiciones prevalecientes del tránsito sí pueden cambiar durante varios periodos del día.



El nivel de servicio es una medida cualitativa del efecto de una serie de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones del tránsito, la seguridad, comodidad, los costos de operación, etc. que determinan condiciones de operación diferentes que ocurren cuando se presentan diferentes volúmenes de tránsito. El volumen de servicio máximo es igual a la capacidad.

Existen caminos que tienen un índice mayor de tránsito en algunos meses o días del año, lo cual nos podría hacer pensar que el camino es insuficiente y que ha alcanzado su capacidad, sin embargo, solo disminuye su nivel por temporadas cortas que no justifican la construcción de una obra nueva o la modificación de la carretera actual.

Hay factores que afectan la capacidad del camino como: el ancho de los carriles, los obstáculos laterales, si existen o no carriles auxiliares, los acotamientos, carriles para cambios de velocidad, los alineamientos, las pendientes, las rampas, etc.

#### **1.10. Las carreteras y su mecánica de suelos.**

“Es evidente que el transporte es un factor indispensable para el desarrollo de todas las actividades de un país. A nivel mundial, actualmente se presentan fuertes problemas relacionados con el diseño estructural, conservación y reconstrucción de pavimentos” (Brown, 1996).

Según Arias (UNAM), los suelos se forman por descomposición química o mecánica, posterior a su formación pueden permanecer en ese lugar de formación (suelos residuales) o pueden ser transportados y depositados en otro sitio (suelos transportados).

Los tipos de suelos existentes son: gravas, arenas, limos y arcillas. Al igual que en la totalidad de las aplicaciones de la Mecánica de Suelos, los materiales de esa naturaleza que se utilizan en la construcción de pavimentos, son dos tipos claramente diferenciados. Los que se denominan materiales gruesos (arena, gravas, fragmentos de roca, etc.) constituyen un primer grupo, siendo el segundo el formado por los suelos finos, cuyo arquetipo son los materiales arcillosos. Es bien conocida la gran diferencia que en comportamiento tienen ambos grupos de suelos, dando mayor atención a las características de resistencia y de deformación, también es sabido que muchas de estas diferencias en el terreno fenomenológico ocurren por naturaleza y estructura íntima que adoptan las partículas individuales o sus grumos, en el caso de los suelos finos, que forman agrupaciones compactas y bien familiares, en el caso de los suelos gruesos, que adoptan formas con grandes volúmenes de vacíos.

#### Denominación de los suelos.

NOMBRE	TAMAÑO	EJEMPLO
Boleo	12" y mayores	Pelota valón-cesto
Canto rodado	De 3" a 12"	Toronja
Grava	Malla no.4 a 3"	De limón a uva
Arena	Malla no. 200 a malla no. 4	De uva a azúcar
Finos	Menores que la malla no. 200	Talco

## **CAPÍTULO 2**

### **DRENAJE**

Drenaje es cualquier medio por el que el agua contenida en una zona fluye a través de la superficie o de infiltraciones en el terreno. A continuación se darán a conocer los aspectos más importantes de los drenajes y los factores que afectan a estos, así también se mencionará su forma de medición.

#### **2.1. Antecedentes de los drenajes.**

Los drenajes tienen antecedentes en los romanos, cuyas canalizaciones aprovechaban las pendientes naturales para desalojar las aguas pluviales de los edificios y calles fuera de la población. Los desechos humanos eran directamente vertidos a esas calles o en acequias en la periferia y sólo las lluvias los transportaban fuera de la ciudad a los ríos o al mar.

#### **2.2. Objetivo del drenaje en carreteras.**

Controlar el agua que llega a la vía y la afectan por escurrimiento superficial, independientemente que las aguas hayan caído sobre o fuera de la vía, es decir; en primera instancia debe reducir al máximo la cantidad de agua que llega al camino y en segunda instancia sacar el agua que de una u otra forma se encuentra sobre él (Crespo, 2005).

## **2.3. Hidrología.**

La Hidrología se define como la ciencia que estudia la disponibilidad y la distribución del agua sobre la Tierra. En la actualidad la Hidrología tiene un papel muy importante en el Planeamiento del uso de los Recursos Hidráulicos, y ha llegado a convertirse en parte fundamental de los proyectos de ingeniería que tienen que ver con suministro de agua, disposición de aguas servidas, drenaje, protección contra la acción de ríos y recreación (<http://es.wikipedia.com>).

### **2.3.1 Aplicaciones de la hidrología.**

- ✓ El diseño de obras hidráulicas, para efectuar estos estudios se utilizan frecuentemente modelos matemáticos que representan el comportamiento de toda la cuenca sustentada por la obra en examen.
- ✓ La operación optimizada del uso de los recursos hídricos en un sistema complejo de obras hidráulicas, sobre todo si son de usos múltiples. En este caso se utilizan generalmente modelos matemáticos conceptuales, y se procesan en tiempo real.

- ✓ El correcto conocimiento del comportamiento hidrológico de como un río, arroyo, o de un lago es fundamental para poder establecer las áreas vulnerables a los eventos hidrogeológicos extremos.
- ✓ Prever un correcto diseño de infraestructura vial, como caminos, carreteras, ferrocarriles, etc.

Todo esto y muchas aplicaciones más hacen que el hidrólogo sea un personaje importante en todo equipo multidisciplinario que enfrenta problemas de ingeniería civil en general y problemas de carácter ambiental (<http://es.wikipedia.com>).

## **2.4 Ciclo hidrológico.**

El ciclo Hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico (<http://es.wikipedia.org>).

## Ciclo hidrológico



### 2.5. Determinación de una cuenca hidrológica.

Según Mijares 1989, el agua que escurre en un río es captada en un área determinada, por lo general por la conformación del relieve, es decir; el área que contribuye al escurrimiento de una corriente y que proporciona todo o parte del flujo de ella. A esta área se le llama cuenca hidrológica.

#### 2.5.1. Fisiología de la cuenca hidrológica.

La cuenca hidrológica está limitada por el parte-aguas, el cual es una línea imaginaria que une los puntos de mayor nivel topográfico y que sirve de separación entre cuencas adyacentes.

Para determinar la pendiente de la cuenca existen dos criterios:

### **Criterio de Alvord.**

$$Sc = DL / Ac$$

Donde:

D = Desnivel constante entre curvas de nivel.

L = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca.

Ac= Área de la cuenca.

### **Criterio de Horton.**

$$Sc = \frac{1}{2} [(Nx D / Lx) + (Ny D / Ly)] \quad Sc = \frac{1}{2} (Sx + Sy)$$

Donde:

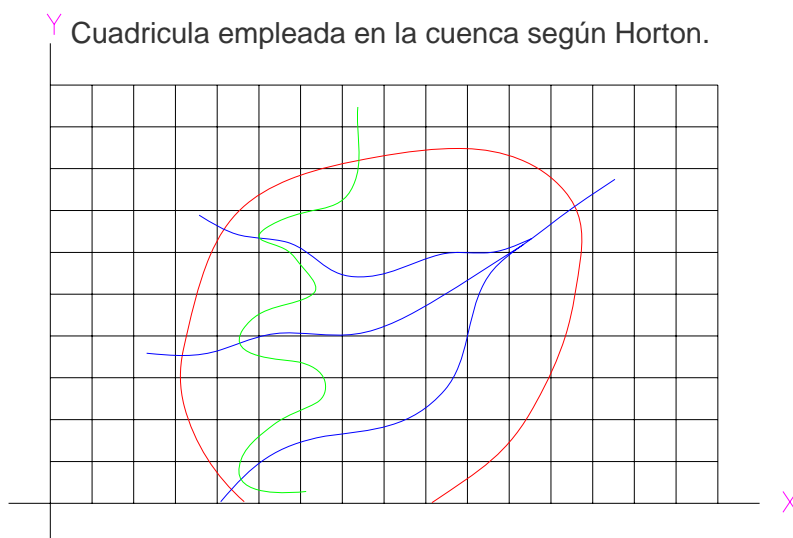
Nx = Número de intersecciones en la dirección X con las curvas de nivel.

Ny = Número de intersecciones en la dirección Y con las curvas de nivel.

Lx = Longitud total en la dirección X.

Ly = Longitud total en la dirección Y.

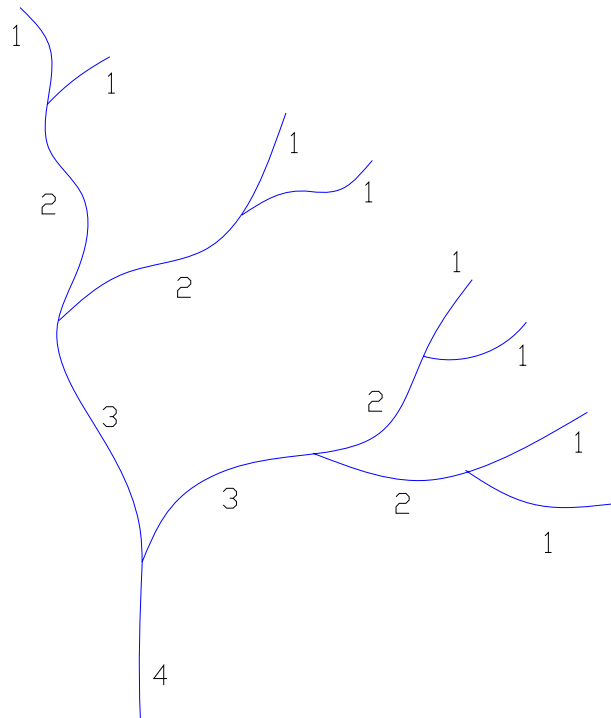
D = Desnivel constante entre curvas de nivel.



## Parámetros del cauce principal.

- ✓ Número de orden.

Número de orden al que pertenece el cauce.



4° ORDEN

- ✓ Densidad del drenaje.

$$Dc = Lt / Ac \quad \text{donde:}$$

Lt = longitud total (incluyendo tributarias).

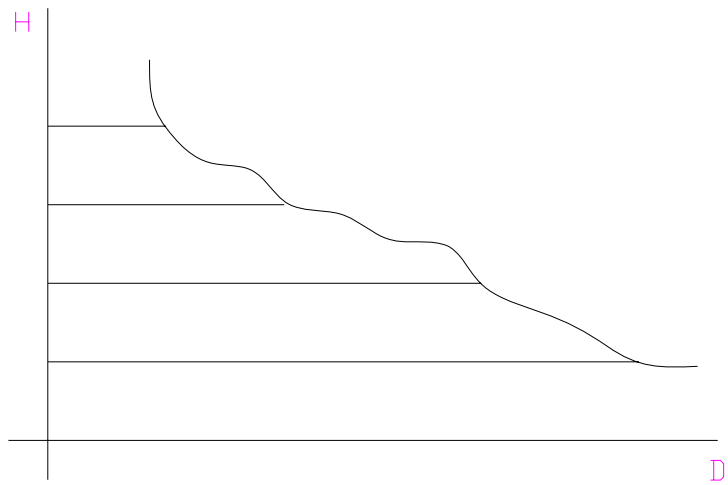
Ac = area de la cuenca.

- ✓ Pendiente del cauce.

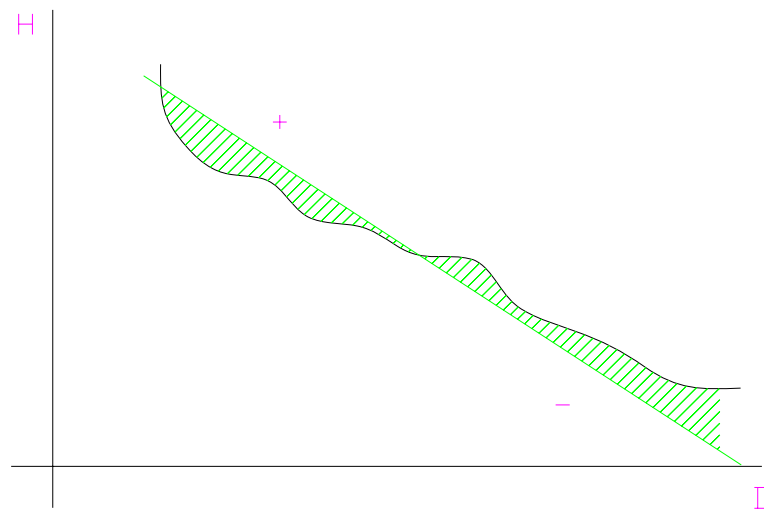
Para determinar la pendiente del cauce existen dos métodos, los cuales son:



1.  $S \text{ cauce} = \Delta H / \text{Dist.}$



2. Compensando áreas.



Si  $\Delta x = \text{constante}$

$$V_i = \Delta x / \Delta L_i = C (S_i R_i)^{1/2}$$

$$V_i = \Delta x / \Delta t_i = K (S_i)^{1/2}$$

$$\text{Tiempo total} = T = L / [k(S)^{1/2}]$$

Como:  $\sum \Delta T = T$  ,  $\sum \Delta x = L$

$$S_{\text{cauce}} = [L / (\sum (\Delta x / (S_i^{1/2})))]^2$$

### **2.5.2. Necesidades generadas por una cuenca.**

Cuando una cuenca ejerce su función, la cual es recopilar el agua de la lluvia; esta genera otras necesidades como lo es la construcción de alcantarillas para cruzar esta agua sin afectar a las personas que deseen cruzar desde un punto a otro del cauce generado por la propia cuenca.

Existen dos criterios para determina el área requerida por una alcantarilla para drenar el agua recopilada por la cuenca.

#### **Criterio de Talbot.**

$$S = 0.1832 C (A)^{3/4}$$

Donde:

A = Área de la cuenca por drenar expresada en hectáreas.

C = Coeficiente.

S = Área de la sección que debería tener la alcantarilla en m<sup>2</sup>.

Valores de C para diferentes tipos de terreno.

De 0.2 a 0.3 para terreno plano.

De 0.3 a 0.4 para terreno ligeramente ondulado.

De 0.4 a 0.5 para terreno ondulado

De 0.5 a 0.6 para terreno suave

De 0.6 a 0.8 para lomerío fuerte

De 0.9 a 1.0 para terreno montañoso.

### **Criterio de Burkli – Ziegler.**

$$Q = 0.22 CAh(S/A)^{1/4}$$

Donde:

Q = Gasto de la alcantarilla en m<sup>3</sup>/s.

C = Coeficiente de escurrimiento.

A = Área de la cuenca en hectáreas.

h = Precipitación pluvial en cm /hora correspondiente al aguacero mas intenso con duración de 10 minutos.

S = Pendiente del terreno expresado en m/km.

Valores del coeficiente:

0.75 para calles pavimentadas y zonas comerciales.

0.625 para calles ordinarias en una ciudad.

0.30 para ciudades con parques y calles asfaltadas.

0.25 para terrenos de cultivo.

0.18 para terrenos montañosos.

## **2.6. Precipitación.**

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de agua que cae del cielo; esto incluye lluvia, nieve, granizo, neblina y rocío. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad.

### **2.6.1. Formas de medir la precipitación.**

De acuerdo con Mijares (1989), la determinación de los valores precipitados para cada una de las modalidades mencionadas se efectúa con instrumentos especiales estandarizados y registrándose los valores en horarios preestablecidos, con la finalidad de que los valores indicados para localidades diferentes sean científicamente comparables.

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La Precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable.

A partir de 1980 se está popularizando cada vez más la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados directamente con modelos matemáticos, que permiten así determinar la lluvia y los caudales en tiempo real en una determinada sección de un río.

Para determinar la precipitación media en la cuenca en un periodo determinado se utilizan los siguientes métodos.

a) **PROMEDIO ARITMÉTICO:** Se suma la altura de las lluvias registradas en un cierto tiempo en cada una de las estaciones localizadas dentro de la zona y se dividen entre el número total de estaciones.

b) **MÉTODO DE THIESSEN:** Es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio ya que para su aplicación se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación dentro del conjunto.

c) **MÉTODO DE LAS ISOYETAS:** Se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada en las diversas estaciones de la zona de estudio.

## **2.7. Escurrimiento.**

Es la parte de la precipitación drenada por las corrientes de las cuencas hasta su salida. El agua que fluye por las corrientes proviene de diversas fuentes y, con base a ella se considera el escurrimiento superficial, subsuperficial y subterráneo.

El superficial es el que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo y una red drenada hasta salir de la cuenca. El escurrimiento total es directo y sólo existirá durante una tormenta e inmediatamente después de que esta cese, este corresponde a la lluvia no infiltrada.

El escurrimiento subsuperficial se debe a la precipitación infiltrada en la superficie del suelo, pero no se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo, es decir; es parte de la lluvia infiltrada.

El escurrimiento subterráneo el cual es recargada por el agua por la parte de la precipitación que se infiltra a través del suelo una vez que se ha saturado. La contribución del escurrimiento subterráneo al total varía muy lentamente con respecto al superficial.

Para analizar el escurrimiento total, se puede considerar formado por los escurrimientos: directo (hpe) y base (subterránea) ([www.construaprende.com](http://www.construaprende.com)).

### **2.7.1. Hidrograma.**

Es representado gráficamente por variaciones de flujo, arregladas en orden cronológico, para expresar el flujo se usa el gasto, que es la relación del volumen contra el tiempo.

### 2.7.2. Aforo de corrientes.

Aforar una corriente en una sección constante es determinar el gasto que pasa por ella, en la unidad de tiempo. Los procedimientos para aforar una corriente se pueden agrupar en tres criterios:

- a) Secciones de control.
- b) Relación sección-velocidad.
- c) Relación sección-pendiente.

El criterio de secciones de control es el más aplicable de los tres, pero solo en cauces artificiales o a ríos de sección pequeña y escaso escurrimiento.

$$Q = CLH^{3/2}$$

donde :

C = Coeficiente de descarga.

H = Carga sobre la cresta.

L = Longitud de la cresta.

Q = Gasto total.

El criterio de sección-velocidad es el más usual de los tres y utilizable en cualquier tipo de corriente.

$$Q = VA$$

donde :

A = Área hidráulica.

Q = Gasto que pasa por la sección.

V = Velocidad media de la corriente.

El criterio de sección-pendiente es empleado para completar los registros que no pueden obtenerse mediante sección-velocidad, aunque es muy usado para obtener gastos máximos de corrientes cuando no se dispone de aparatos de medición.

$$\text{Velocidad; } V = (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

$$\text{Gasto; } Q = (A) (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$



donde:

$n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning.

$R$  = Radio hidráulico.

$S$  = Pendiente del gradiente de energía.

## **2.8. Infiltración.**

Según [www.construaprende.com](http://www.construaprende.com), es el proceso por el cual el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo y se mueve hacia el manto freático. El agua primero satisface la deficiencia de humedad del suelo y después cualquier proceso pasa a ser parte del agua subterránea. La cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones se llama capacidad de infiltración. Durante una tormenta sólo se satisface la capacidad de infiltración mientras ocurre la lluvia en exceso.

### **2.8.1. Factores que afectan la capacidad de infiltración.**

1. Textura del suelo.
2. Contenido de humedad inicial.
3. Contenido de humedad de saturación-
4. Cobertura vegetal.
5. Uso del suelo.
6. Aire atrapado.

7. Compactación.

8. Temperatura.

### **2.8.2. Medición de la infiltración.**

Se usan los infiltrómetros, que sirven para determinar la capacidad de infiltración en pequeñas áreas cerradas, aplicando artificialmente agua al suelo. Los infiltrómetros se usan por lo general en pequeñas cuencas o en áreas pequeñas o experimentales dentro de cuencas grandes.

Siendo la infiltración un proceso complejo, a partir de los infiltrómetros es posible inferir la capacidad de infiltración de cualquier cuenca en forma cualitativa y no cualitativa.

Los infiltrómetros se pueden dividir en dos grupos:

De carga constante.

Simulador de lluvia.

### **2.9. Agua subterránea.**

Mijares (1989), menciona que el agua subterránea se encuentra normalmente empapando materiales geológicos permeables que constituyen capas o formaciones a los que se les denominan acuíferos. Un acuífero es aquella área bajo la superficie

de la tierra donde el agua de la superficie (por ejemplo, lluvia) percola y se almacena. A veces se mueve lentamente al océano por flujos subterráneos. Una formación acuífera viene definida por una base estanca (muro), y por un techo, que puede ser libre (permeable), semi-impermeable o impermeable.

## **2.10. Avenida de diseño.**

Según Mijares (1989), se le llama así a la avenida con la cual se debe hacer el cálculo de la obra hidráulica o de drenaje, para esto es necesario conocer la avenida máxima que arriba al sitio donde se va a construir dicha obra con la finalidad de poder recomendar el diseño adecuado para la misma dependiendo de las condiciones y necesidades existentes y del criterio propio del calculista.

### **2.10.1. Métodos para determinar la avenida de diseño.**

Existen métodos empíricos como el de Creager y probabilísticos como el de Gumbel.

#### **Método de Gumbel.**

$$Q_d = Q_m - (\sigma_{Q_{max}} / \sigma_n) (Y_n + L_n \ln (T_r / T_r - 1))$$

Donde:

$Q_d$  = Gasto de diseño m<sup>3</sup>/s

$Q_m$  = Gasto medio de la muestra.

$\sigma_{Q_{max}}$ . = Desviación estándar de los gastos máximos registrados.

$\sigma_n$  ,  $Y_n$  = Parámetros = F (tamaño de la muestra).

$T_r$  = Periodo de retorno.

- Asignación de  $T_r$  a los datos.

$$T_r = (n+1) / m$$

Donde:

$n$  = Años de registro.

$m$  = Numero de orden del evento.

( $Q_{max}$ : 1 al mas grande, 2 al sig. etc.)

- Pasos a seguir por este método:

1° paso: se ordena una lista de los eventos de mayor a meno gasto.

2° paso: se procede a determinar  $T_r$ .

3° paso: se grafica  $Q_{max}$  contra  $T_r$ .

4° paso:  $\bar{Q} = (\sum_1^n Q_i) / n$

5° paso:  $\sigma_{Q_i} = [(\sum_1^n (Q_i - \bar{Q})^2) / (n-1)]^{1/2}$

6° paso: de la tabla encontrar  $\sigma_n$  y  $Y_n$ .

7° paso: sustituir valores en la formula para encontrar  $Q_d$ .

### **2.10.2. Transito de avenidas.**

Es el comportamiento de una creciente en su viaje por el río (cause); así como la forma en que se propaga la onda en un almacenamiento (embalse o vaso).

### **2.11. Obras de drenaje en los caminos.**

Las obras de drenaje transversal, que son las pequeñas estructuras de desagüe de las corrientes de agua interrumpidas por la infraestructura, son críticas para conseguir una correcta vida y comportamiento de la infraestructura, son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la facilidad de acceso y la vida útil del camino. (<http://www.construmatica.com>)

### **2.12. Drenaje superficial.**

Según Crespo (2005), este se construye sobre la superficie del camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo. En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contra cunetas, bombeo, lavaderos y zampeados, el cual corresponde al drenaje longitudinal.

### 2.12.1. Cunetas.

Las cunetas son zanjas que se hacen en uno o ambos lados del camino, con el propósito de conducir las aguas provenientes de la corona y lugares adyacentes hacia un lugar determinado, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos.

Para un flujo uniforme se utiliza la formula de Manning, como se muestra a continuación.

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

Donde:

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S = pendiente del canal en metros por metro.

### Valores de "n" para la formula de Manning

TIPO DE MATERIAL	VALORES DE "n "
Tierra común, nivelada y aislada	0.02
Roca lisa y uniforme	0.03
Rocas con salientes y sinuosa	0.04
Lechos pedregosos y bordos enyerbados	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.03

#### Determinación del área hidráulica:

$$Q = A / V$$

$$Q = (A) (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

Donde:

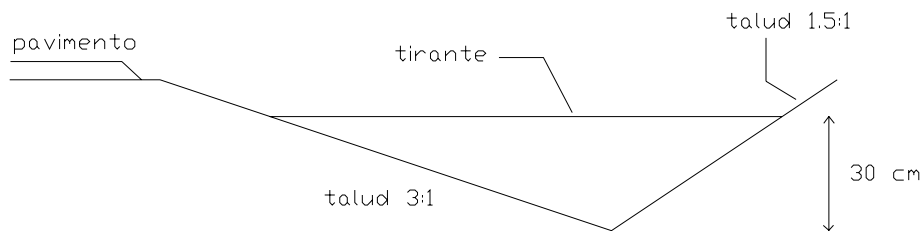
Q = gasto en m<sup>3</sup>/seg.

A = Área de la sección transversal del flujo en m<sup>2</sup>

Debido a la incertidumbre para la determinación del área hidráulica en la práctica, las secciones de las cunetas, se proyectan por comparación con otras en circunstancias comunes.

Existen diversas formas para construir las cunetas, en la actualidad las más comunes son las triangulares, como se muestra a continuación:

Fig. Cuneta tipo



Se evitara dar una gran longitud a las cunetas, mediante el uso de obras de alivio. En algunos casos será necesario proteger las cunetas mediante zampeados, debido a la velocidad provocada por la pendiente. Cuando el tirante es menor de 10 a 15 cm. No es necesario zampar las cunetas con  $S < 7\%$ . Cuando el tirante es mayos de 15 cm. es necesario zampar las cunetas para  $S > 3\%$  si el suelo es arena o arcilla y para  $S > 5\%$  si es grava firme.

En resumen: las cunetas se deben proteger en pendientes fuertes cuando su longitud sea más de 60m.



Las cunetas se proyectan para dar capacidad a fuertes aguaceros de 10 a 20 minutos de duración y tomar el 80% de la precipitación que cae en la mitad del ancho total de la vía.

Para que las cunetas se conserven en buen estado es necesario que la velocidad del agua que corre sobre ellas no pase ciertos valores si estas no están revestidas. Los valores aproximados son los siguientes.

<b>Material</b>	<b>Velocidad en m/s</b>
Arena fina	0.45
Arena media	0.6
Arena gruesa	0.9
Grava fina	1.5
Grava media	2
Grava gruesa	3.5
Arcilla arenosa	0.5
Arcilla firme	1.25
Arcilla común	0.85
Tepetate	2

Zampeado	4
Concreto	7

#### CARACTERÍSTICAS A CUMPLIR:

- ✓ Que sean tan pequeñas como sea posible.
- ✓ Los taludes deben ser tan inclinados como sea posible.
- ✓ El desnivel mínimo bajo la sub-rasante del camino será mínimo de 30 cm y máximo 90 cm.
- ✓ Nunca serán de sección rectangular.

#### **2.12.2. Contra cunetas.**

La función de las contra cunetas es prevenir que llegue al camino un exceso de agua o humedad, aunque la practica ha demostrado que en muchos casos no es conveniente usarlas, debido a que como se construyen en la parte aguas arriba de los taludes, provocan reblandecimientos y derrumbes. Si son necesarias, deberá, estudiarse muy bien la naturaleza geológica del lugar donde se van ha construir, alejándolas lo mas posible de los taludes y zampéandolas en algunos casos para evitar filtraciones.

### **2.12.3. Zampeado.**

Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presentan fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

### **2.12.4. Lavaderos.**

Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lamina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaria la velocidad del agua.

### **2.12.5. Bombeo.**

Es la inclinación que se da ha ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

### **2.12.6. Vados.**

Son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en cauces amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo. La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser contruidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lamina. Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también es causa de socavación.

### **2.13. Drenaje subterráneo.**

(Crespo 2005) estipula que su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso. Se le conoce también como drenaje transversal.

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominadas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente. Las obras de drenaje mayor requieren de conocimientos y estudios especiales, entre ellas podemos mencionar los puentes, puentes–vado y bóvedas. Las obras de drenaje menor son las alcantarillas pequeñas, ya que las

bóvedas también son alcantarillas, solo que por sus dimensiones pertenecen al drenaje mayor.

Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común. Así con la comparación de varios lugares del mismo río o arroyo elegiremos el lugar más indicado basándonos en el ancho y altura del cruce, de preferencia que no se encuentre en lugares donde la corriente tiene deflexiones y aprovechando las mejores características geológicas y de altura donde vamos descendiendo o ascendiendo con el trazo.

### **2.13.1. Alcantarillas.**

Son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior y son menores de seis metros de claro, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lámina, piedra o madera. Las partes de una alcantarilla son: el cañón y los muros de cabeza.

Los muros de cabeza sirven para impedir la erosión alrededor del cañón, para guiar la corriente y para evitar que el terraplén invada el canal.

Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada y salida, podemos decir que actualmente en los caminos rurales, las mas usuales son las alcantarillas laminares.

En las alcantarillas es recomendable seguir la pendiente del cauce. Si esta es mayor, un extremo tiende a asolverse, si es menor; un extremo se obstruye. También es recomendable colocar tantas alcantarillas como sea necesario.

Si el cauce se presenta de forma normal al camino o con un ángulo de mas menos 5°, la alcantarilla se podrá colocar de forma normal, si este ángulos es mayor, dicha alcantarilla tendrá que adecuarse al ángulo del cauce con la finalidad de impedir la inestabilidad de la misma debido a la erosión que esta pudiera ocasionar.

Tipos de alcantarillas:

1. de tubo.
2. de cajón.
3. de bóveda.
4. de losa.

## **Alcantarillas de tubo.**

Requisitos para la construcción.

- **Excavación.** Las zanjas serán excavadas de acuerdo con los requisitos expuestos en la sección correspondiente a excavación estructural. Tendrá un ancho suficiente que permita la unión adecuada de los tubos y la completa compactación del asiento, así como de los materiales de cimentación y de relleno por debajo y alrededor de la tubería. Las paredes de las zanjas permanecerán verticales, a menos que sea especificado lo contrario en los planos. La excavación de las zanjas para tuberías colocadas en el relleno de un terraplén será hecha después de que el relleno haya sido completado hasta una altura de 30 cm. por encima del nivel superior de la tubería. La profundidad mínima de excavación para la colocación de tuberías en terreno natural será no menor del treinta por ciento del diámetro exterior del tubo más el espesor del tubo más el espesor del material de cimentación.
  
- **Cimentación o asiento.** El espesor del material de cimentación dependerá de la clase de asiento así como del espesor de la tubería. La cimentación de la tubería se ajustara a una de las clases especificadas en este apartado. Cuando ninguna de las clases de asiento sea especificada, se aplicaran los requisitos para el asiento clase C.
  - a) Asiento clase A. Consistirá en un lecho continuo de hormigón, cuyo espesor

mínimo por debajo del tubo será igual a  $\frac{1}{4}$  del diámetro interior del tubo, y se extenderá hacia arriba por los lados de la tubería hasta una altura igual a  $\frac{1}{4}$  de su diámetro exterior. Tendrá un ancho mínimo de 20 cm. a cada lado de la tubería y será construido monolíticamente sin juntas horizontales.

b) Asiento Clase B. Consiste en un lecho continuo de material seleccionado cuidadosamente conformado, cuyo espesor no será menor del 15 % del diámetro exterior del conducto y estará compuesto de arena o tierra arenosa seleccionada, que pase un 100% por el tamiz de 9.5 mm. ( $\frac{3}{8}$ "), y no mas de 10 % por el tamiz de 0.74 mm. El espesor mínimo de material de cimentación por debajo del tubo será de 10 cm. La capa del material de cimentación será compactada y conformada para alojar el tubo, por lo menos en 15 % de su altura total. Cuando se use tubería del tipo de espiga y campana el lecho de apoyo se rebajara para acomodar las campanas.

c) Asiento Clase C. Este es un lecho continuo de material seleccionado cuyo espesor no será menor del 15% de su diámetro exterior. Será conformada la superficie del lecho de fundación para recibir al tubo. Se excavara por debajo de las campanas a fin de el tubo quede apoyado en toda su longitud.

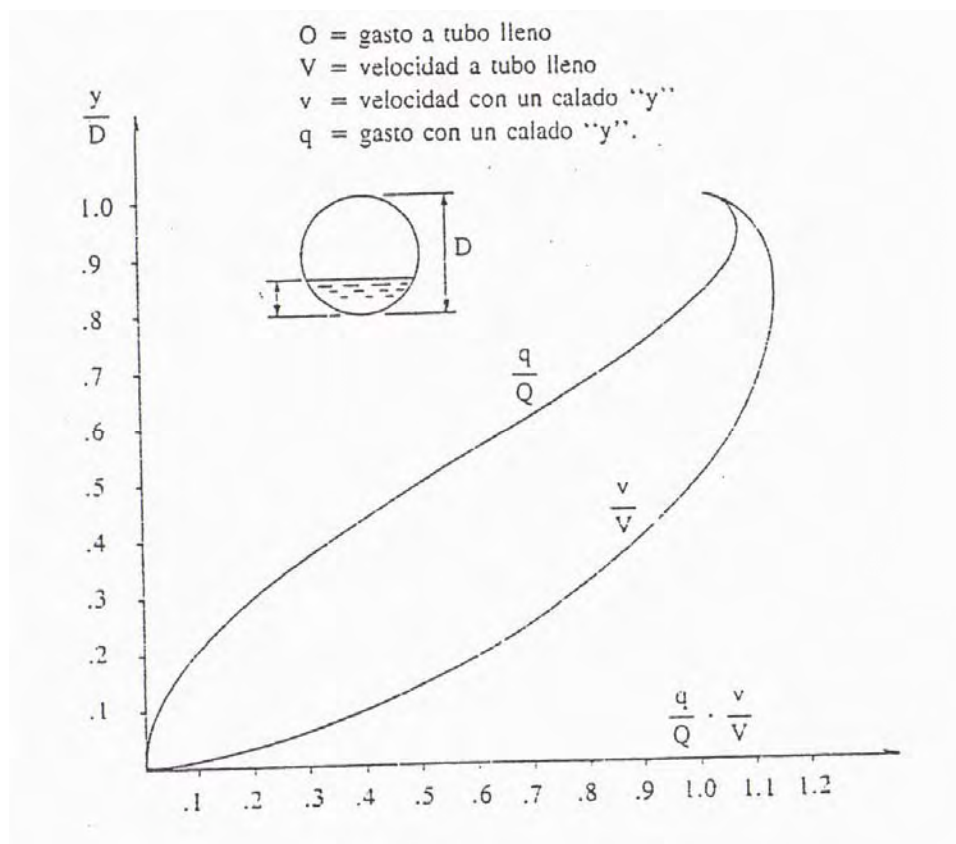
- Instalación de la tubería. La instalación de la tubería se iniciara por el extremo de aguas abajo. La longitud total del segmento inferior estar en contacto directo con el asiento conformado; los extremos ya sea en campana o ranura, serán colocados de frente hacia aguas arriba. Las tuberías serán inspeccionadas antes de colocar



cualquier relleno. La separación mínima entre la cota de rasante y el nivel superior de la tubería, sobre su eje, será de 60 cm. en caso de tuberías múltiples se considerara esta separación sobre la tubería mas cercana a la rasante.

Existe una grafica que resulta muy útil para el diseño de alcantarillas de tubo que es la siguiente.

Gráfica para el diseño de alcantarillas de tubo.



## **Alcantarilla de bóveda.**

Las bóvedas de medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del río.

Para obtener el área hidráulica de una alcantarilla existen varios procedimientos como:

1. Por comparación.
2. Empírico.
3. Sección y pendiente.
4. Precipitación pluvial.
5. Racional.

Por comparación:

¿En qué casos?: en donde se va a construir una alcantarilla nueva en donde ya existía otra.

¿Qué datos se necesitan?: las huellas físicas de las aguas, datos verídicos de vecinos de por lo menos 10 años, alcantarillas cercanas para ver como se comportan.

Procedimiento: a criterio del ingeniero drenajista.

Empírico:

¿En qué casos?: Cuando no ha existido ninguna alcantarilla y no hay datos respecto al gasto máximo del arroyo ni hay datos de precipitación pluvial.

¿Qué datos se necesitan?: el área drenada y las características topográficas de la cuenca.

Procedimiento: Se calcula el área hidráulica en función de los datos por medio de formulas empíricas como las de A. N. Talbot.

$$a = 0.183 C (A^3)^{1/4}$$

a= área hidráulica, en m<sup>2</sup> que debe tener la alcantarilla

A= superficie a drenar en hectáreas.

C= coeficiente

Valores de C

- 1 terreno montañoso y escarpado
- .8 terreno con mucho lomerío.
- .6 terreno con lomerío.
- .5 terreno muy ondulado.
- .4 terreno poco ondulado.
- .3 terreno casi plano.
- .2 terreno plano.

Sección y pendiente:

¿En qué casos?: cuando el cauce está definido y se encuentran huellas de aguas. Con este método se pueden determinar el gasto y la pendiente.

¿Qué datos se necesitan?: las huellas físicas de las aguas máximas, la pendiente del cauce en cruce, la pendiente en dos secciones definidas en las cuales las márgenes sean atas.

Procedimiento: el gasto máximo se calculará en función del área hidráulica y el perímetro mojado, la pendiente y un coeficiente de rugosidad de acuerdo con las paredes del cauce. Se utiliza la formula de Manning.

Precipitación pluvial:

¿En qué casos?: Para proyectar una alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable de lluvia.

¿Qué datos se necesitan?: conocimiento de la precipitación pluvial, área a drenar, topografía, clase de suelo en dicha área.

Procedimiento: se utiliza la formula de Burkli – Ziegler de un aguacero intenso.

$$Q= 0.022 C h A (S/A)^{1/4}$$

Q= gasto de la alcantarilla m<sup>3</sup>/s.

A= numero de hectáreas tributarias.

h= precipitación pluvial en cm/hr.(aguacero intenso de 10 min de duración).

S= pendiente del tramo en m por km.

C= coeficiente

Valores de C

.75 calles pavimentadas y distritos comerciales.

.30 poblaciones con parques y calles con pavimento asfáltico.

.25 terrenos de cultivo.

Método racional:

¿En qué casos?: cuando se basa en las siguientes hipótesis.

1. la proporción del escurrimiento resultante es un máximo cuando la intensidad de lluvia dura al menos tanto como el tiempo de concentración.
2. el máximo escurrimiento resulta de una intensidad de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación.
3. el coeficiente de esorrentía es el mismo para todas las lluvias en una cuenca dada.
4. la relación entre máxima descarga y tamaño del área de drenaje entre duración e intensidad de precipitación.

¿Qué datos se necesitan?: coeficiente de esorrentía, precipitación, área a drenar (en hectáreas).

Procedimiento:  $Q=27.52 C I A$

Donde:  $Q$ = gasto l/s

$C$ = coeficiente de esorrentía.

$I$ = intensidad de precipitación cm/hr

$A$ = área a drenar en hectáreas.

## Valores de C

Pavimentos asfálticos	de 0.75 a 0.95
Pavimentos de concreto hidráulico	de 0.7 a 0.9
Suelos impermeables	de 0.4 a 0.65
Suelos ligeramente permeables	de 0.15 a 0.4
Suelos moderadamente permeables	de 0.05 a 0.2

### **2.13.2. Puente – vado.**

Este es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles ordinarios, y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias.

La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los árboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

## **2.14. Puentes.**

Son estructuras de más de seis metros de claro, se distingue de las alcantarillas por el colchón que estas llevan en la parte superior.

La estructura de un puente esta formada por la infraestructura, la subestructura y la superestructura.

La infraestructura se manifiesta en zapatas de concreto o mampostería, cilindros de cimentación y pilotes. La subestructura forma parte de un puente a través de pilas centrales, estribos, columnas metálicas sobre pedestales de concreto, caballetes de madera, etc. La superestructura integra la parte superior de un puente por medio de través de concreto o metálicas, vigas y pisos de madera, losas de concreto, nervaduras armadas de fierro, madera, cable, etc.

## **CAPITULO 3**

### **MARCO DE REFERENCIA**

En el presente capítulo se expresaran las generalidades de esta tesis, así como un resumen de los datos mas importantes existentes para el estudio, además se plantearán algunas alternativas para solucionar los problemas que existan.

#### **3.1. Generalidades.**

Las obras de drenaje, materia de esta tesis estarán ubicadas estratégicamente a lo largo y ancho del tramo carretero en estudio, el cual se inicia en el entronque ubicado en el km 0+500 de la carretera estatal Ziracuaretiro – San Angel, del municipio de Ziracuaretiro Michoacán.

Las obras de drenaje son estructuras necesarias para la captación y conducción del agua, en este caso de tipo pluvial; para que esta no ocasione problemas o daños a la estructura de pavimento ni sea motivo de peligro para los usuarios de la vía.

Como ya se mencionó, la función de las obras de drenaje al igual que su objetivo es desalojar lo más rápido posible el agua de la carretera pero sin que esta sea incomoda para los ocupantes. Es decir, las obras de drenaje deben cumplir con su objetivo sin obstaculizar el objetivo propio de la vía.



Debido a que el tramo se encuentra en una zona donde la precipitación es abundante y en ocasiones densa, además que suelen caer granizadas de consideración, es necesario ser muy cuidados con el diseño de las estructuras. Cabe señalar también que es una zona húmeda tanto el ambiente como el suelo.

Este tramo beneficiará en primera instancia a los habitantes de comunidades cercanas como Ziracuaretiro, Mesa de Cazares, La Ciénega, San Ángel, etcétera; a los productores que tienen sus parcelas y cultivos por ese lugar y a todos los usuarios del camino. Se verá beneficiado también el sector productivo, ya que los terrenos circunvecinos son muy fértiles y productivos, en ellos se cultivan diferentes productos como aguacate, zarzamora, guayaba, durazno, liche, etcétera. De esta manera el beneficio social será a nivel regional, estatal y federal, ya que incrementará el ingreso per cápita y mejorará el producto interno bruto del país. Lo anterior se refleja con una mejor calidad de vida para las personas.

### **3.2. Resumen ejecutivo.**

En primer lugar se hará una revisión visual de las obras existentes en campo para observar como se han venido comportando durante su estancia en el tramo y de acuerdo a las condiciones climatológicas presentadas durante el periodo en que han existido dichas obras.

En segundo lugar se procederá a delimitar la cuenca hidrológica que afecta el proyecto en estudio. Se determinarán los diferentes tipos de suelo así como sus características de infiltración, vegetación, topografía, etcétera; esto con la finalidad de poder así determinar el escurrimiento que afectará al proyecto, de esta manera se podrán determinar las estructuras necesarias para controlar los efectos que pudieran tener dichos escurrimientos.

Posteriormente se calcularán conforme a un análisis matemático las estructuras de drenaje necesarias, las cuales podrán tener una variación en cuanto a dimensiones o geometría por efectos de criterio, experiencia, economía o facilidad constructiva al momento de la ejecución de la obra, pero siempre procurando estar del lado de la seguridad.

### **3.3. Entorno geográfico.**

En este apartado se delimitarán las condiciones geográficas existentes en el lugar de estudio.

#### **3.3.1. Macro y micro localización.**

El tramo del cual trata esta tesis se encuentra ubicado dentro de la Republica Mexicana, la cual tiene por coordenadas extremas al norte  $32^{\circ}43'06''$  latitud norte en la frontera con Estados Unidos, al sur  $14^{\circ}32'27''$  latitud norte en la frontera con Guatemala, al este  $86^{\circ}42'36''$  longitud oeste en la isla mujeres y al oeste  $116^{\circ}22'00''$

longitud oeste e el océano pacifico; en el estado de Michoacán con coordenadas geográficas: Al norte 20°24', al sur 17°55' de latitud norte; al este 100°04', al oeste 103°44' de longitud oeste, el cual representa un 3% de la superficie total del país y que colinda al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga; al este con Querétaro de Arteaga, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco (INEGI: Marco Geoestadístico, 2000); dentro de municipio de Ziracuaretiro, el cual se localiza en la parte central del Estado, en las coordenadas 19°26' de latitud norte y 101°55' de longitud oeste, a una altura de 1,380 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tingambato, al este con Santa Clara, al sur con Taretan, y al oeste con Uruapan. Su distancia a la capital del Estado es de 121 kilómetros. (<http://www.michoacan.org>)

Las coordenadas específicas del tramo 0+100 – 2+000 de la carretera Ziracuaretiro-La Ciénega son: al inicio 19°25'50" de latitud norte y 101°54'50" de longitud oeste y al final 19°24'62" de latitud norte y 101°52'28" de longitud oeste y este inicia en el entronque que se encuentra en el km. 0+500 de la carretera estatal Ziracuaretiro - San Ángel Zurumucapio.

### **3.3.2. Topografía regional y del tramo.**

La máxima curva de nivel la se encuentra en el pico de Tancítaro a una altura de 3600 metros sobre el nivel del mar, la mas baja se encuentra a nivel del mar en la zona costera. El relieve es muy pronunciado debido a que se encuentra sobre la

Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico, contando con un alto porcentaje de sierras y un gran número de volcanes.

La topografía del estado de Michoacán cuenta con amplias extensiones planas, terrenos en lomerío y áreas muy accidentadas, la región de Ziracuaretiro cae dentro de los terrenos de tipo lomerío, al igual que el tipo de topografía existente en el área que contorna el tramo en estudio (CONABIO).

### **3.3.3. Geología regional y del tramo.**

Michoacán comparte con los estados de Colima, Jalisco, Guerrero y México los terrenos de la provincia geológica denominada Sierra Madre del Sur; y con Jalisco, Guanajuato, Querétaro y México, los del Eje Neovolcánico.

El relieve estructural original de la provincia del Eje Neovolcánico está constituido esencialmente por rocas volcánicas jóvenes (del Cenozoico Superior). El paisaje de esta región conserva en su mayor parte, rasgos estructurales originales.

En Michoacán son muy importantes las zonas lacustres. Geológicamente están relacionadas con una serie de eventos tectónicos relativamente recientes asociados con los fenómenos volcánicos.

La energía geotérmica es uno de los recursos más importantes de esta provincia, ya que existen numerosos focos con manifestaciones hidrotermales que reflejan una zona privilegiada en este tipo de recurso.

Esta provincia es una gran franja volcánica del Cenozoico Superior, que cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del paralelo 20. Está formada por una gran variedad de rocas volcánicas que fueron emitidas a través de un número importante de aparatos volcánicos, algunos de los cuales constituyen alturas notables como El Tancítaro y El Jorullo. Por su juventud es bien conocido el Parícutín. Los principales aparatos volcánicos que se localizan en Michoacán son estrato volcanes de dimensiones variables. La composición petrográfica de las rocas que conforman esta región es muy variable.

“El tipo de suelo del tramo en observación está conformado por material ígneo extrusivo perteneciente al cenozoico terciario, en él se puede observar arcilla inorgánica de alta plasticidad, arcilla orgánica, limo arenoso, boleto y roca.”  
(<http://mapserver.inegi.gob.mx>).

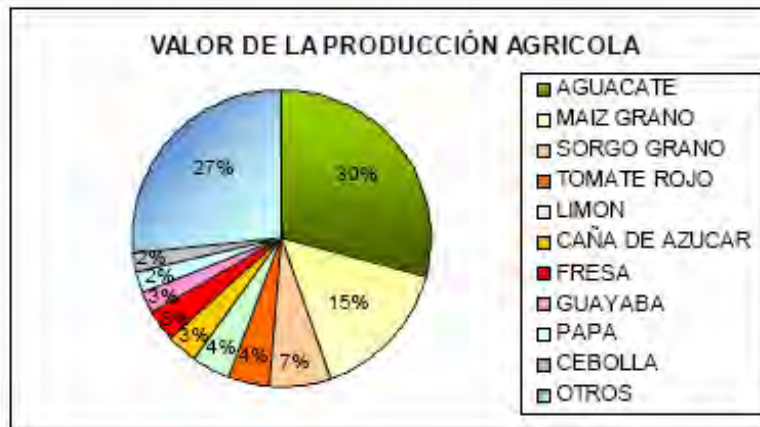
### **3.3.4. Hidrología regional y del tramo.**

La entidad forma parte de 4 regiones hidrológicas: la región Lerma-Santiago al Norte del Estado (RH12); la región del Río Balsas (RH 18) situada en la parte central; la región Armería-Coahuayana se ubica al Sur, entre la Sierra de Coalcomán y la Zona Costera (RH 16); y Ríos de la Costa (RH 17). (<http://cofom.michoacan.gob.>).

La zona de menor precipitación es la de Apatzingán, el noreste de La Huacana, el sur de Huetamo, Sahuayo, la Piedad y el norte de Morelia, con una precipitación promedio anual que va de los 600 a los 1000 mm. Zitácuaro, el sur de Morelia, Pátzcuaro, Zamora, el norte de Huetamo, el sur de la Huacana, Lázaro Cárdenas y Aguililla tienen una precipitación anual de 1000 a 1500 mm. En Uruapan se encuentra la zona más húmeda del estado ya que va de los 1200 a los 2000mm. La zona en estudio en particular oscila entre los 1200 y 1500 mm. (CONABIO).

### **3.3.5. Uso de suelo regional y del tramo en estudio.**

En el estado se cultivan diferentes cultivos, algunos de mayor importancia que otros, en la siguiente gráfica se muestra la importancia de cada cultivo de acuerdo a la derrama económica que estos generan.



Por lo que respecta a la industria, esta predomina entre la pequeña y mediana empresa, siendo muy pocas las consideradas como grandes empresas.

Por lo que respecta al área en estudio, en esta predomina el cultivo de aguacate, aunque también se cultiva zarzamora, durazno, guayaba, nopal, entre otros.

### 3.4. Informe topográfico.

En este apartado se determinará si existe algún problema de drenaje, las características del terreno, su estado físico y el tipo de tráfico sobre la vía.

### **3.4.1. Tipo de terreno y cobertura vegetal.**

Como ya se ha mencionado, el terreno es de tipo lomerío, lo cual favorece para que el drenaje tenga la pendiente suficiente para desalojar con facilidad las avenidas y a la vez no adquiera velocidades extremas que pudieran dañar la superficie debido a la erosión causada por los efectos de abrasión en zonas revertidas y de socavación en zonas no revestidas.

Debido a que existen suelos diferentes en la trayectoria del camino será necesario determinar las velocidades y pendientes máximas permisibles para cada tipo de suelo con el fin de impedir tanto socavaciones como asolves en las estructuras de drenaje.

La cobertura vegetal es un factor importante en el proceso de escurrimiento ya que la zona en estudio sufre cambios en su superficie debido a los incendios ocasionados en temporada de estiaje, los cuales no ocurren anualmente pero sin embargo existe la posibilidad de que esto suceda. Estos incendios generan vulnerabilidad del suelo para ser arrastrado y perjudicar las estructuras construidas.

La cobertura vegetal existente es bosque de pino y bosque de encino, así como matorral, maleza, cultivos temporales y huertos frutícolas. Existe también otro tipo de vegetación aunque en cantidades muy pequeñas como son: cedro, madroño, y laurel.



### **3.4.2. Estado físico actual.**

Físicamente son notables algunos problemas de drenaje como lo es la falta de continuidad en la pendiente de las cunetas, lo cual origina un encharcamiento del agua sobre la cuneta y el derrame de la misma sobre la superficie de rodamiento, lo cual origina que la obra deje de cumplir con el objetivo para lo que fue creada.

### **3.4.3. Vehículos que circulan por la vía.**

En su mayoría circulan vehículos ligeros y de 3.5 toneladas, pero no se pueden descartar los de tipo C ya que en temporada de cosechas, estos toman un buen porcentaje de los vehículos que están circulando. Son pocos los vehículos más pesados que circulan por esta vía pero pensando en un futuro se debe considerar por lo menos un T3-S3 para el diseño de las estructuras puesto que este tipo de vehículos moviliza maquinaria pesada y el peso en los ejes debe ser soportado por cualquier obra.

### **3.4.4. Obstáculos.**

Físicamente se observa que los obstáculos más frecuentes se deben a la falta de accesos para los predios vecinos al camino, motivo por lo cual los propietarios de dichos predios colocan tierra, piedras u otros objetos sobre las cunetas para poder cruzarlas con sus vehículos, causando así daños tanto a las propias cunetas como a la estructura de pavimento.

### **3.5. Estudio de tránsito.**

La cantidad, el tipo y la clasificación de los vehículos que circulan por la vía se pueden determinar mediante un aforo vehicular, el cual se encuentra en la sección de anexos.

### **3.6. Alternativas de solución.**

Una de las posibles alternativas para la solución de los problemas de drenaje consiste en colocar únicamente alcantarillas a base de tubo, para ello se colocaría la cantidad de tubos necesarios para alcanzar el área hidráulica requerida para la avenida de diseño.

Otra posible solución pudiera ser colocar tubos en las alcantarillas donde el área hidráulica requerida no rebase el área hidráulica que puedan proporcionar 2 tubos y donde se requiera de mayor área, construir alcantarillas de bóveda o de loza horizontal, dependiendo de las condiciones topográficas, económicas y de servicio.

En este caso en particular y dadas las condiciones del propio proyecto, se optará por la segunda opción para solucionar el problema.

## **CAPITULO 4**

### **METODOLOGÍA**

El presente estudio se desarrolla partiendo primeramente de la ubicación de un tramo carretero, para posteriormente verificar si se contaba o no con el diseño de un sistema de drenaje.

Luego de lo anterior, fue preciso recurrir a la investigación documental para recopilar la información teórica que soportara la revisión de dicho proyecto. Así, fue necesario establecer el encuadre metodológico para definir el alcance e instrumentos de recopilación de datos.

Posteriormente se realizó la captura de datos usando algunos programas computacionales, entre ellos el AUTOCAD, EXCEL y el SAP 2000 y se contrastó con la teoría recavada, haciendo un análisis minucioso del proyecto hasta establecer las conclusiones que dieran cumplimiento al objetivo y pregunta de investigación de esta tesis.

#### **4.1. Método empleado.**

En esta investigación se utilizó el método matemático-analítico. El método matemático es el que indica el origen del objeto, este puede aplicarse en métodos tanto comparativos como cuantitativos donde asienten números de relaciones constantes, variedad de hipótesis, diversidad de comparaciones y estas se tomen para afirmar o negar algo. Por ejemplo, e la dosificación de los

compuestos de medicinas o en la distribución fiscal de impuestos del estado y así muchos otros casos (Mendieta: 2005).

El método analítico es la descomposición de un todo en sus elementos. Este método distingue los elementos de un fenómeno y permite revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, tal como lo hace la física, la química, la biología; para luego a partir de él y de la experimentación establecer leyes universales. Los pasos a seguir para la investigación analítica son: observación, descripción, descomposición del fenómeno, enumeración de sus partes, ordenación y clasificación. (Jurado: 2005)

## **4.2. Enfoque de la investigación.**

En este caso se le dará un enfoque cuantitativo, el cual nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados mas ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos y un punto de vista de conteos y magnitudes de estos. De igual manera, brinda posibilidades de replica, además facilita la comparación entre estudios similares (Hernández: 2004).

### **4.2.1. Alcance**

El alcance de la presente investigación es de tipo descriptivo, ya que, consiste en describir situaciones, eventos o hechos, puesto que relata como es y como se manifiesta determinado fenómeno; es decir, busca especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de un fenómeno para

que se someta a un análisis. Dicho en forma muy resumida, el alcance es describir lo que se investiga (Hernández: 2004).

#### **4.3. Diseño.**

En este caso el diseño bajo el enfoque no experimental es de tipo transversal y descriptivo, ya que consiste en evaluar una situación en un punto del tiempo, puesto que se recolectarán datos en un solo momento; es como tomar una fotografía de algo que sucede y describir lo plasmado en dicha fotografía (Hernández: 2004).

#### **4.4. Instrumentos de recopilación de datos.**

Los instrumentos empleados fueron la recopilación de datos existentes en fuentes confiables, la observación física en campo, la encuesta directa a medios confiables y el trabajo de campo.

#### **4.5. Descripción del proceso de investigación.**

En esta investigación se recurrió al método científico, para lo cual se empleo el método matemático - analítico, con un enfoque cuantitativo y un alcance descriptivo, en el cual se empleó un diseño de tipo no experimental transversal y para ello se recurrió a la investigación tanto documental como de campo.

## CAPITULO 5

### ANÁLISIS Y REVISIÓN DEL PROYECTO

En el presente apartado se darán a conocer los datos relevantes actuales existentes en el proyecto, además se analizarán y diseñarán las estructuras necesarias para el buen funcionamiento del sistema de drenaje del tramo en estudio.

#### 5.1. Datos relevantes del proyecto.

Actualmente en el tramo en estudio existe una alcantarilla de losa en el km 0+760 con dimensiones de 2m de alto por 3 de ancho, muros de contención de mampostería, aleros de mampostería y losa de concreto con un espesor de 20cm. El lecho del río se encuentra recubierto por un zampeado de piedra junteada con mortero.

Vista aguas arriba de la alcantarilla



Vista interior de la alcantarilla



Existen también 5 alcantarillas de tubo hechas con lamina corrugada de 91cm. de diámetro en los kms. 0+180, 0+280, 0+430, 1+080 y 1+720, todas con muros cabezales de mampostería y sin aleros. A continuación se observará la alcantarilla del km 0+430.

Vista aguas abajo de la alcantarilla.



Vista aguas arriba de la alcantarilla.



Como se puede observar, la alcantarilla se encuentra reducida aguas arriba aproximadamente en un 70% de su área hidráulica inicial debido a los asolves.

Alcantarilla en km 0+180



Alcantarilla en km 0+280





Alcantarilla en km 1+080



Alcantarilla en km 1+720



De igual forma, se encontraron cunetas en los siguientes tramos:

Cunetas en el costado izquierdo.

<b>Del km.</b>	<b>al km.</b>	<b>Longitud de cuneta (m)</b>
0+100	0+320	220
0+370	0+520	150
0+700	0+740	40
0+740	0+800	60
0+960	1+060	100
1+060	1+160	100
1+260	1+320	60
1+720	1+900	180



Cunetas en el costado derecho.

<b>Del km.</b>	<b>al km</b>	<b>Longitud de cuneta (m)</b>
0+320	0+440	120
0+480	0+740	260
0+980	1+040	60
1+ 200	1+300	100
1+460	1+520	60

Cuneta perteneciente al tramo 0+320 al 0+440 del costado derecho.



Queda claro que las cunetas no están cumpliendo con su objetivo, puesto que en algunos puntos se encuentran con graves daños como los observados en la figura anterior.

También se pudo observar que el bombeo en promedio es del 2% excepto las curvas, las cuales tienen una sobre elevación en un solo sentido dependiendo de la dirección de la curva.

A continuación se muestra una imagen que muestra la sección del camino en el cual se puede apreciar el bombeo existente y la sobre elevación en la curva.

Fotografía en el km 0+280



Las alcantarillas no tienen lavaderos excepto la alcantarilla de losa, la cual tiene un lavadero de 3m de ancho por 4m de largo.

Lavadero de alcantarilla de losa.



Los únicos datos existentes de este proyecto son los planos del perfil, la planta y las secciones, los cuales se encuentran en la sección de anexos y tienen el logotipo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, estos datos se complementan con las fotografías y el levantamiento visual de las obras del camino.

## **5.2. Revisión del proyecto.**

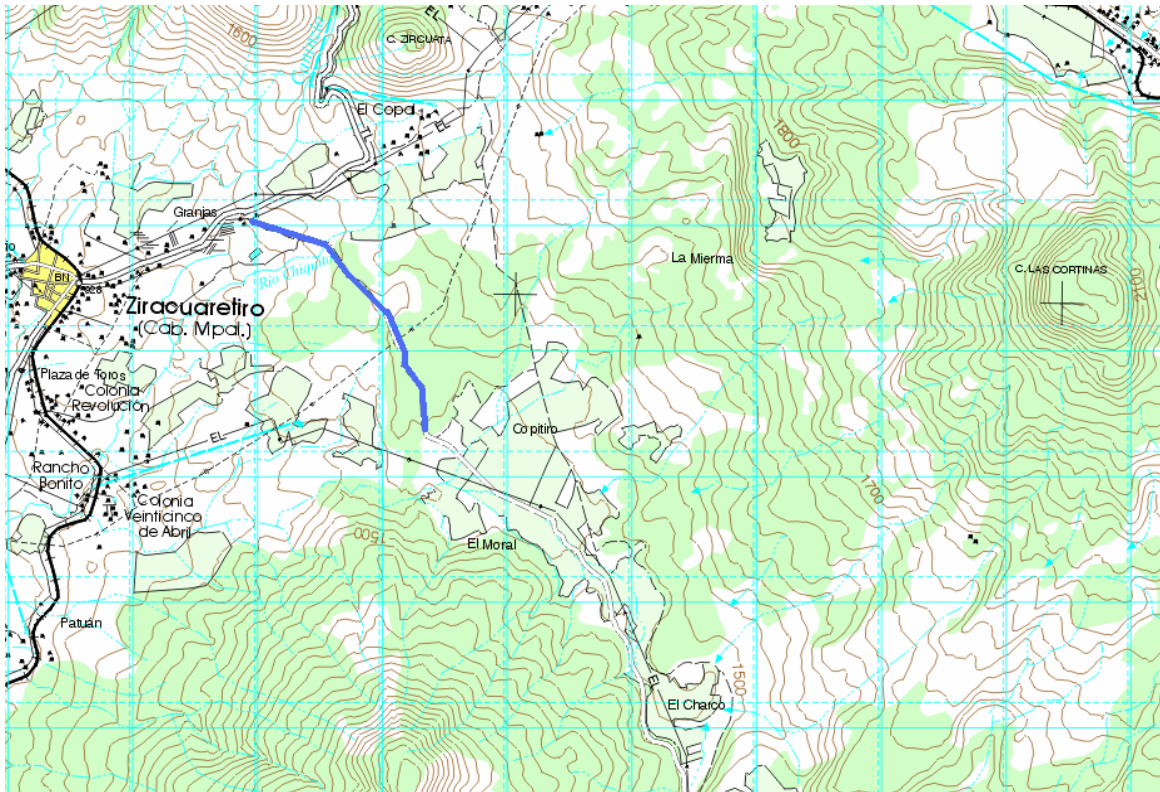
En este capítulo se harán los cálculos para determinar la pendiente de la cuenca, la ubicación de las cunetas, las alcantarillas necesarias y su geometría.

### **5.2.1. Determinación de la cuenca y su pendiente.**

La línea azul que se muestra en la siguiente figura corresponde al tramo en estudio, a partir de ésta se partirá para delimitar la cuenca que la afecta.



## Carta topográfica de Taretan



La cuenca se encuentra delimitada por la línea de color rojo.

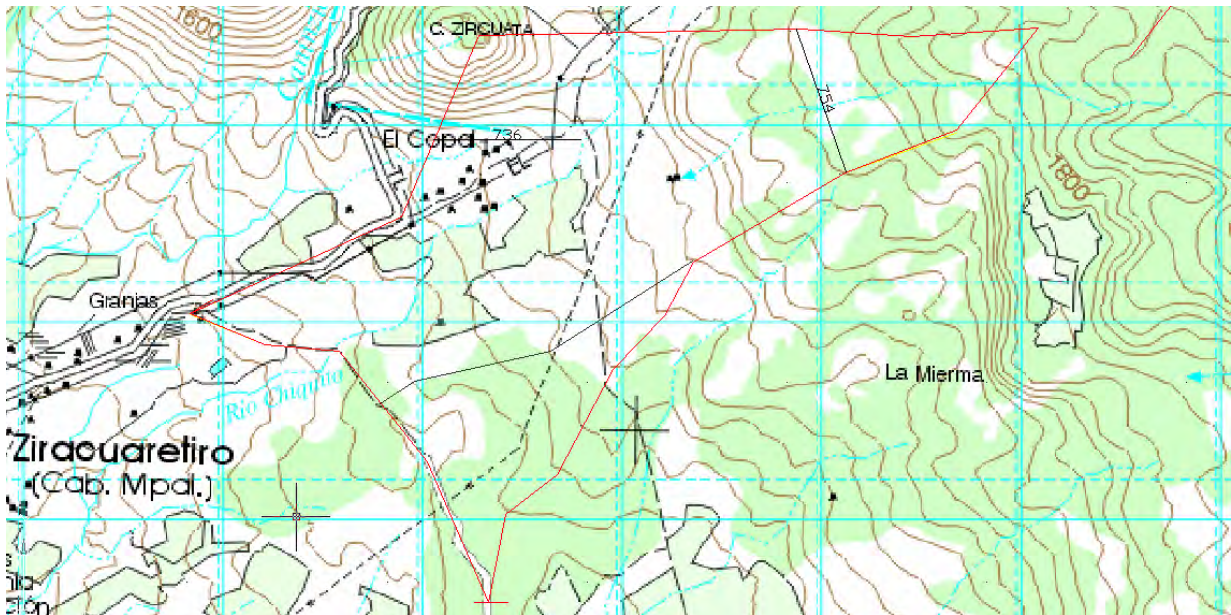


fig. Cuenca que afecta al tramo (carta topográfica de Taretan).

De acuerdo al criterio de Alvord, la cuenca tiene las siguientes condiciones.

$$D = 20 \text{ m}$$

$$L = 15000 \text{ m}$$

$$Ac = 440 \text{ has}$$

$$Sc = DL / Ac$$

$$Sc = (20) (13000) / 4400000 = 0.059$$

$$Sc = 5.9 \%$$

El área de la cuenca se determinó con el apoyo del programa computacional AUTOCAD.

### **5.2.2. Diseño de la cuneta.**

Proponiendo el diseño de la cuneta para el caso mas desfavorable, con una longitud de 70m y con una área tributaria de 100m normales a la longitud de la cuneta.

Q1 = gasto originado por la precipitación que cae sobre el propio pavimento.

Q2 = gasto generado por la lluvia que cae en el área tributaria.

De acuerdo a datos obtenidos por la SCT se sabe que la precipitación máxima horaria es de 30 mm.

En simpatía con el criterio de Burkli – Ziegler que corresponde al método de precipitación pluvial, se procede a determinar el gasto que escurrirá por las cunetas.

$$Q = 0.22 CAh(S/A)^{1/4}$$

Calculando Q1

$$C = 0.75 \text{ (calles pavimentadas)}$$

$$A = (70)(3.5)/10000 = .0245$$

$$h = 3\text{cm}$$

$$S = 67$$

$$Q1 = (0.22)(0.75)(.0245)(67/0.245)^{1/4}$$

$$Q1 = 0.0165 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculando Q2

$$C = 0.250 \text{ (terrenos de cultivo)}$$

$$A = (70)(100)/1000 = 0.7$$

$$h = 3$$

$$S = 70 \text{ (considerando la pendiente de la cuenca)}$$

$$Q2 = (0.22)(0.25)(0.7)(3)(70/0.7)^{1/4}$$

$$Q2 = 0.365 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Qt = Q1 + Q2$$

$$Qt = 0.0165 + 0.365 = 0.381 \text{ m}^3/\text{s}$$

A continuación se propondrá emplear la cuneta tipo para que en caso de estar dentro de los parámetros requeridos, sea esta la empleada en el proyecto.

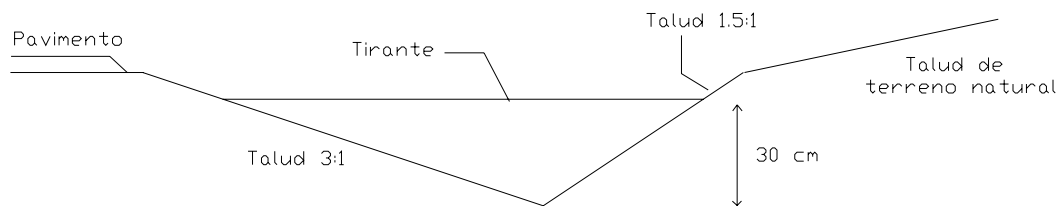
Datos de cuneta tipo:

Talud 1 3:1

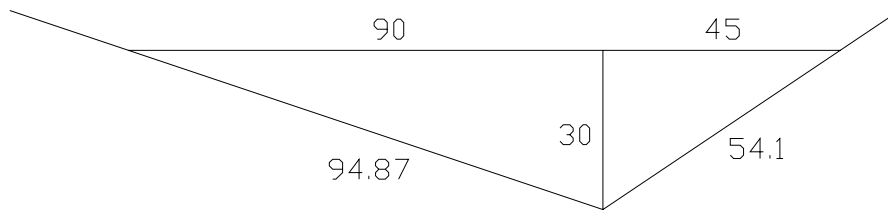
Talud 2 1.5:1

Tirante 30 cm

### CUNETA TIPO



Por lo tanto:



Tirante = 30 cm.

$$\text{Área hidráulica} = (.9)(.3)/(2) + (.45)(.30)/(2) = 0.202 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = .9487 + .541 + .45 + .90 = 1.49 \text{ m}$$

$$\text{Radio hidráulico} = .202 / 2.8397 = 0.135 \text{ m}$$

$n = 0.02$  (coeficiente de Manning)

$S = .067$

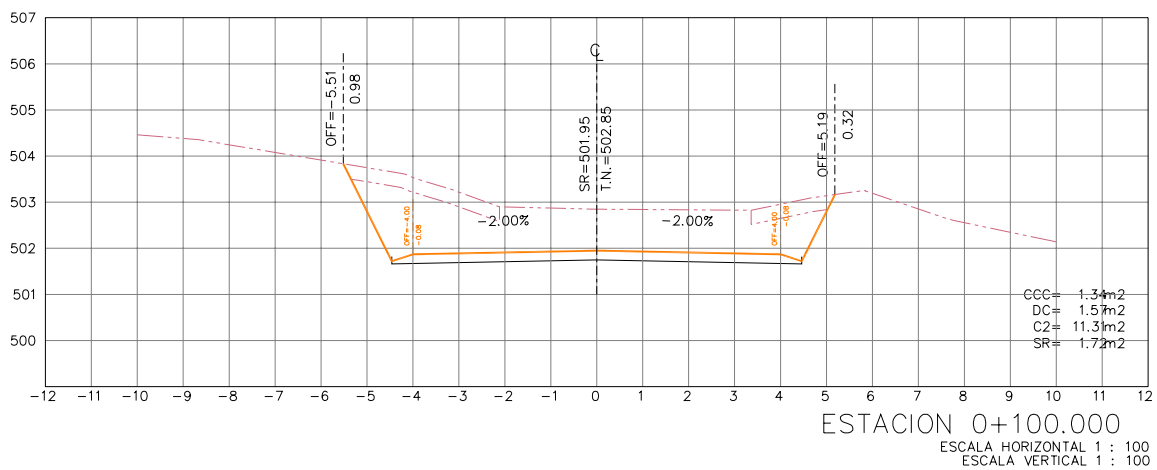
Calculando el gasto.

$$q = (A)(1/D)(R)^{2/3}(S)^{1/2}$$

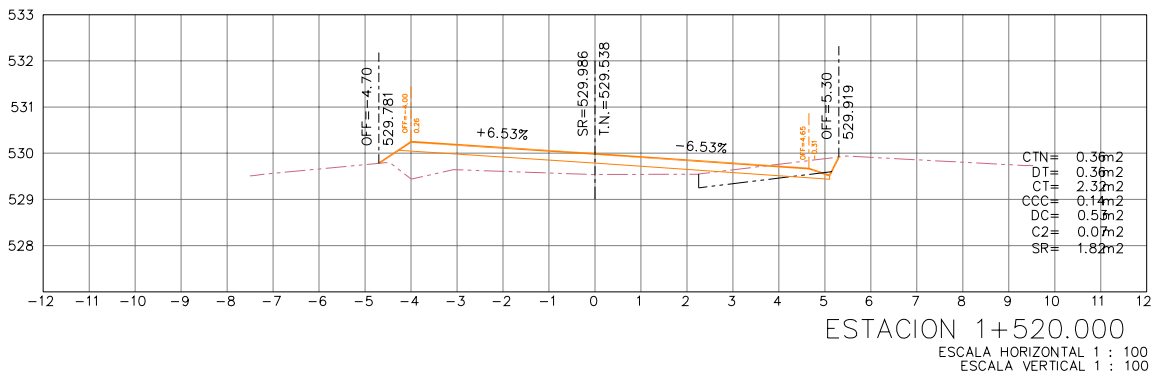
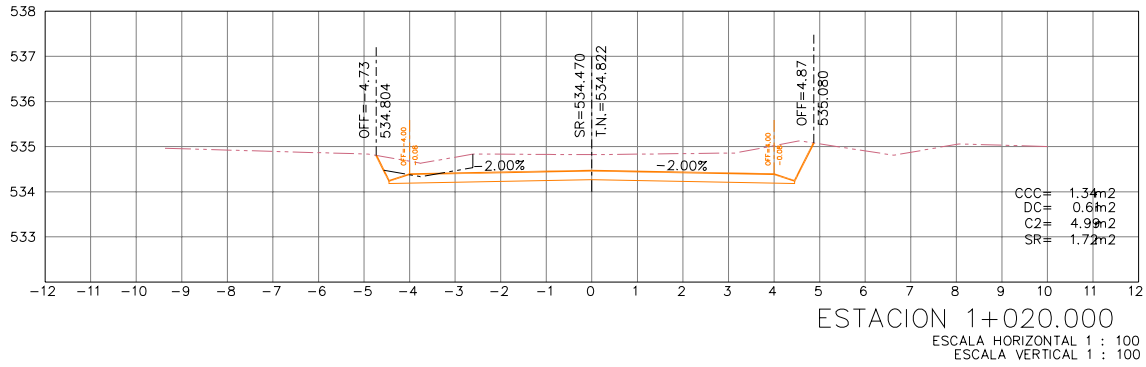
$$Q = (.202)(1/0.02)(0.071)^{2/3}(.067)^{1/2} = 0.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como se puede observar, el gasto que puede desalojar la cuneta tipo es mayor que el gasto que necesita la cuneta en el caso más desfavorable del proyecto, por lo tanto se adopta la cuneta tipo para todas las secciones donde ésta se requiera.

A continuación se mostrarán algunas secciones para determinar donde se necesitan cunetas, el resto de las secciones se encontrarán en el plano de secciones ubicado en el apartado de anexos.







Se propone colocar cunetas en el costado izquierdo en los siguientes tramos:

Del km.	al km.	Longitud de cuneta (m)
0+100	0+320	220
0+370	0+520	150
0+680	0+740	60
0+760	0+820	60
0+860	0+920	60
0+960	1+040	80
1+060	1+160	100
1+260	1+360	100

1+440	1+460	20
1+620	1+640	20
1+740	1+960	220

Y en el costado derecho en los tramos:

<b>Del km.</b>	<b>al km</b>	<b>Longitud de cuneta (m)</b>
0+100	0+120	20
0+320	0+440	120
0+480	0+740	260
0+840	0+860	20
0+980	1+040	60
1+140	1+160	20
1+ 200	1+300	100
1+460	1+520	60

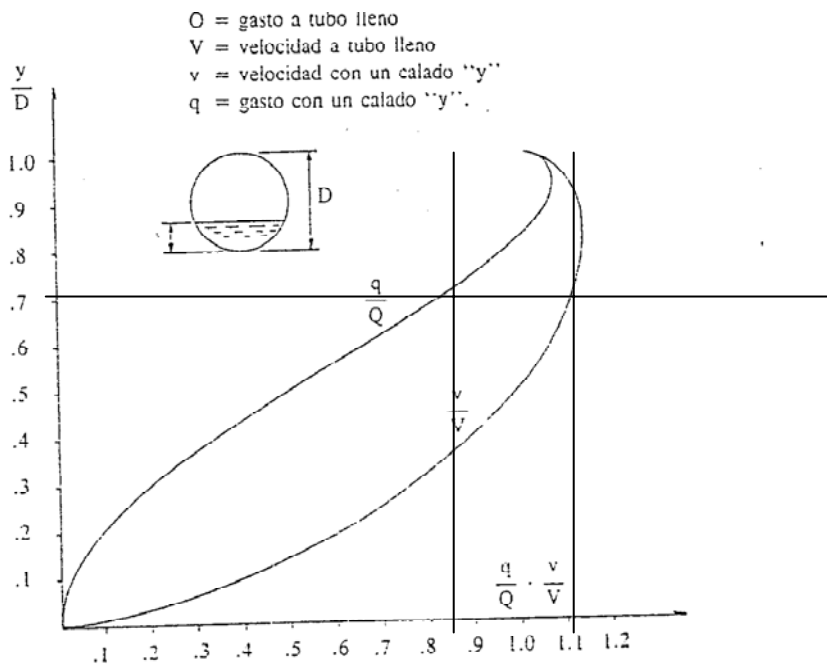
### **5.2.3. Diseño de las alcantarillas**

En primera instancia, se diseñaran las alcantarillas más pequeñas necesarias para desalojar el agua proveniente de las cunetas posteriormente la alcantarilla necesaria para el cruce del río Chiquito sobre la vía.

### 5.2.3.1. Alcantarilla de tubo

Como ya se conoce, el gasto crítico proveniente de las cunetas es de 0.38 m<sup>3</sup>/s, mismo que usará para las obras de alivio. Para evitar deslaves después de las alcantarillas, éstas se diseñarán con pendientes equivalentes a una velocidad de salida de 1.5m/s, esto de acuerdo con los valores de la tabla del capítulo 2.

Para este diseño se empleará la gráfica para diseño de alcantarillas de tubo del capítulo 2 y para evitar que la alcantarilla trabaje a tubo lleno se propondrá que el tirante sea igual al 70% del diámetro del tubo.



Datos:

$$q = 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v = 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

y = tirante

D= diámetro

Operaciones:

$$y = 0.7D$$

Por lo tanto:

$$y/D = 0.7$$

Del gráfico:

$$q / Q = 0.8$$

$$v / V = 1.1$$

Despejando

$$V = v / 1.1 = 1 / 1.1 = 0.91 \text{ m/s}$$

$$Q = q / 0.8 = 0.38 / 0.8 = 0.475 \text{ m}^3/\text{s}$$

Como  $A = Q / V$

$$A = 0.475 / 0.91 = 0.52 \text{ m}^2$$

Por lo tanto:

$$D = (4 A / 3.1416)^{1/2}$$

$$D = (4)(0.52)/3.1416)^{1/2} = 0.81\text{m}$$

Como no existen tubos comerciales con diámetros de 0.81 metros, se podría colocar tubo de 0.91m, pero como la norma actual de la SCT especifica que el diámetro mínimo para estos casos debe ser de 1.07 m, por lo tanto se recomienda colocar tubería de 1.07m de diámetro.

Ahora se procederá a calcular la pendiente de la alcantarilla para que cumpla con la velocidad estipulada.

El tubo de diámetro de 0.81m tiene una área de 0.52m<sup>2</sup> pero como está trabajando aproximadamente al 85% de su capacidad, el área hidráulica corresponde a 0.47m<sup>2</sup>, por otro lado el tubo de 1.07m de diámetro tiene una área de 0.89m<sup>2</sup>.

Como se puede observar, el tubo recomendado tiene una área de aproximadamente el doble del requerido por la tubería, para facilitar los cálculos se tomará como el doble, de tal manera que el tirante generado por el gasto calculado anteriormente de 0.38m<sup>3</sup>/s será de 0.5D.

Partiendo de la hipótesis anterior se obtiene que:

$$Q = 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 1.07\text{m}$$

$$A = (3.1416) ( 1.07^2 / 4) = 0.89 \text{ m}^2$$

$$P = (3.1416) ( 1.07) / 2 = 1.68 \text{ (perímetro mojado)}$$

$$R = 0.44 / 1.68 = 0.53 \text{ (radio hidráulico)}$$

$$n = 0.01 \text{ (coeficiente de Manning)}$$

$$Q = (A) (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

Despejando.

$$S = [Q/((A)(1/n)(R^{2/3}))]^{1/2}$$

$$S = [0.38 / ((0.89) (1 / 0.01) (0.53)^{2/3})]^{1/2} = 0.08$$

$$S = 8\%$$

Como se puede observar, se podría disminuir aun más la pendiente, puesto que el tubo estaría trabajando con un tirante del 50% de su capacidad, pero considerando que este está expuesto a los asolves, a la basura producto de la maleza, a los objetos arrojados por los usuarios del camino y al escaso mantenimiento, es conveniente que permanezca en estas condiciones.

Dado que en el km. 0+180, la obra de alivio recibirá el doble de gasto debido a su condición topográfica se analizará para corroborar que cumpla con la geometría de las otras alcantarillas o de lo contrario proponer una sección diferente.

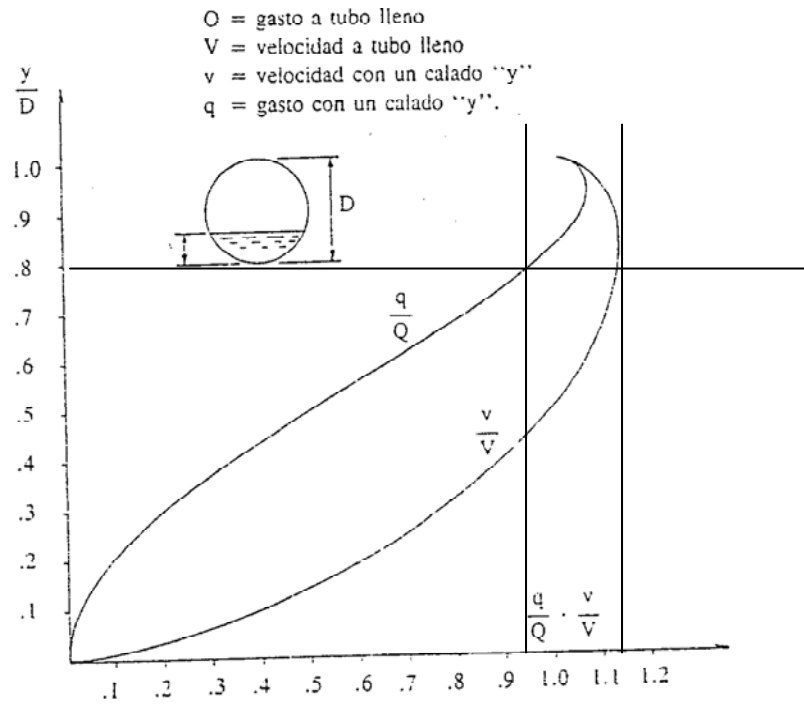
Como ya se sabe de antemano, el gasto de la cuneta será de 0.38m<sup>3</sup>/s y la velocidad en la alcantarilla de 1.5m/s, por lo tanto:

$$Q_t = 2Q \quad (\text{gasto en la alcantarilla})$$

$$Q_t = (2) (0.38) = 0.76 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empleando la gráfica y proponiendo que  $y=0.8D$

### Gráfica para diseño de alcantarillas de tubo.



$$y/D = 0.8$$

del grafico:

$$q/Q = 0.95$$

$$v/V = 1.12$$

$$V = 1.5 / 1.12 = 1.3$$

$$Q = 0.76 / 0.95 = .8$$

$$A = Q / V = 0.8 / 1.3 = 0.615$$

$$\text{Por lo tanto } D = (4 A / 3.1416)^{1/2}$$

$$D = [4 ( 0.615) / 3.1416 ]^{1/2} = 0.88 \text{ m}$$

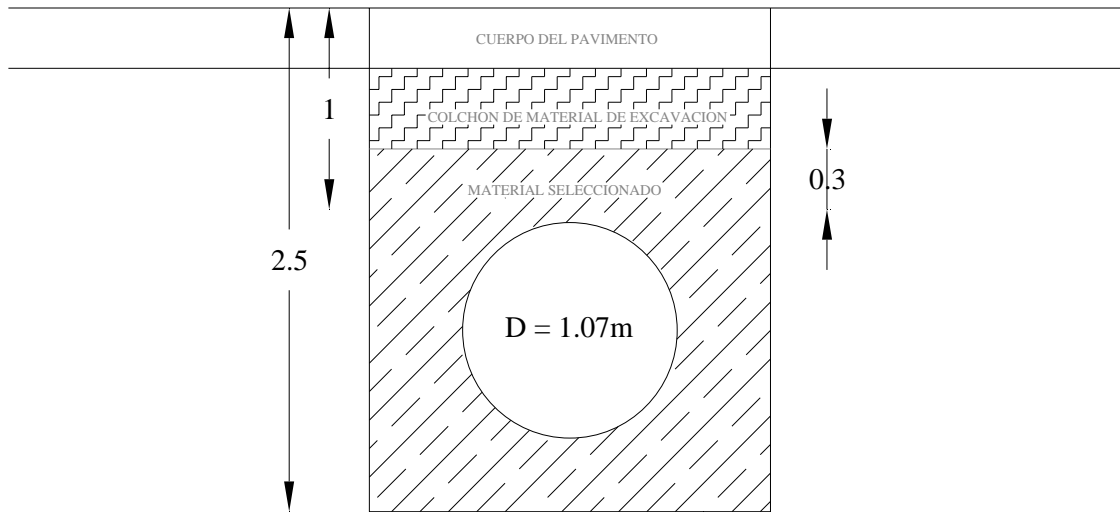
Como se puede notar, el área requerida es menor que el área proporcionada por el tubo propuesto, por lo tanto: se recomienda colocar esta sección en todos los casos donde se requieran de obras de alivio.

Debido a las condiciones topográficas de la vía, se propone colocar alcantarillas de tubo de concreto como las antes mencionadas en los kilómetros siguientes.

Estación Km.	Tramos de cuneta a cubrir	
	Del km.	Al km.
0+180	0+100	0+250
0+250	0+250	0+320
0+370	0+370	0+450
0+450	0+450	0+520
1+080	1+060	1+160
1+740	1+740	1+820
1+820	1+820	1+900
1+900	1+900	1+960

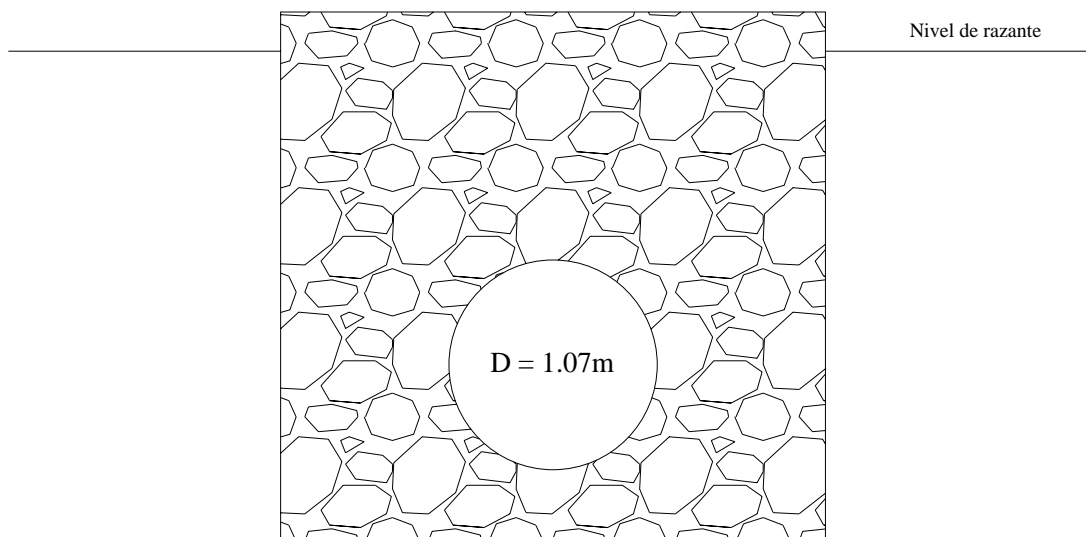


### CORTE TRANSVERSAL "ALCANTARILLA DE TUBO"



Las cotas anteriores esta en metros y los espesores de los materiales son los recomendados por los fabricantes de tuberías de concreto como: Tecnitubos de Concreto S.A. de C.V. y Tubos de Concreto de Toluca S.A. de C.V.

Vista trasversal del muro cabezal de las alcantarillas de tubo.



### 5.2.3.2 Alcantarilla de losa.

A continuación se analizará y diseñará la alcantarilla necesaria en el kilómetro 0+760 correspondiente al cruce del río CHIQUITO a través de la vía.

La subcuenca que recolecta el agua del río “Chiquito” esta determinada por el perímetro de la línea negra de la siguiente figura.

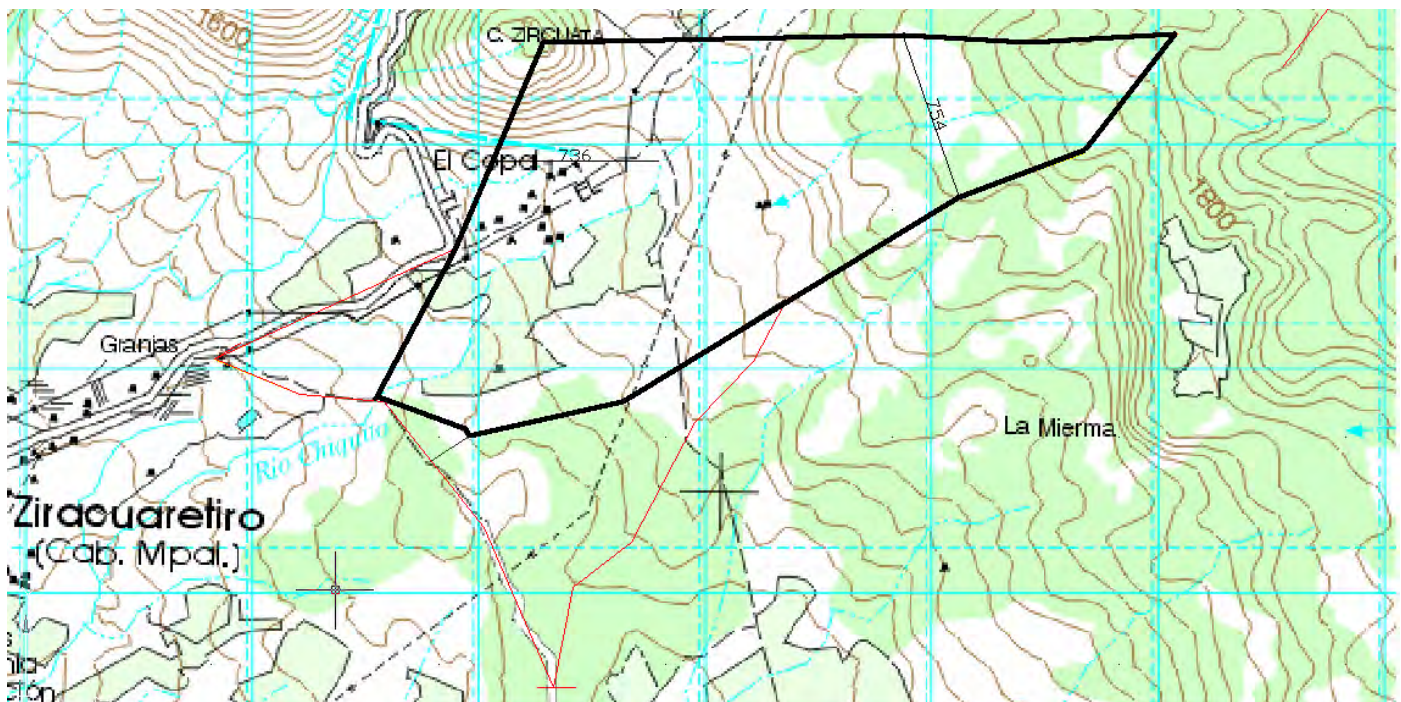


fig. Cuenca que afecta al río Chiquito (carta topográfica de Taretan).

De acuerdo con el método empírico para determinar el área hidráulica requerida se tiene lo siguiente.

Área de la subcuenca = 330 has.

$C = 0.4$  (terreno ondulado)

$S =$  área que requerirá la alcantarilla.

$$S = 0.1832 C (A)^{3/4}$$

$$S = (0.1832) (0.4) (364)^{3/4}$$

$$S = 6.1 \text{ m}^2$$

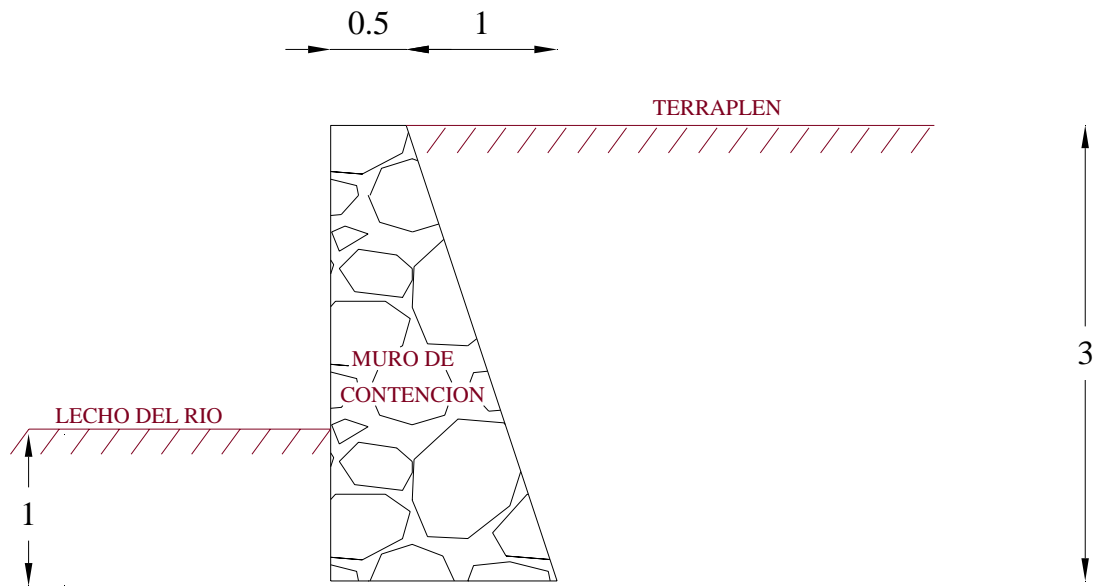
Se propondrá una alcantarilla de 4m de ancho por dos de alto.

Considerando que en un futuro se pudieran asolvar 50 cm, la alcantarilla tendría un área libre de 4m de ancho por 1.5 de alto, lo cual nos generaría un área de  $6\text{m}^2$ , que es la misma que se requiere para la avenida de diseño. Por tal motivo se diseñará con dicha geometría.

La alcantarilla anterior estará formada por muros de mampostería con aleros y losa de concreto. Las dimensiones de los elementos se calcularán a continuación.

- **Diseño del muro**

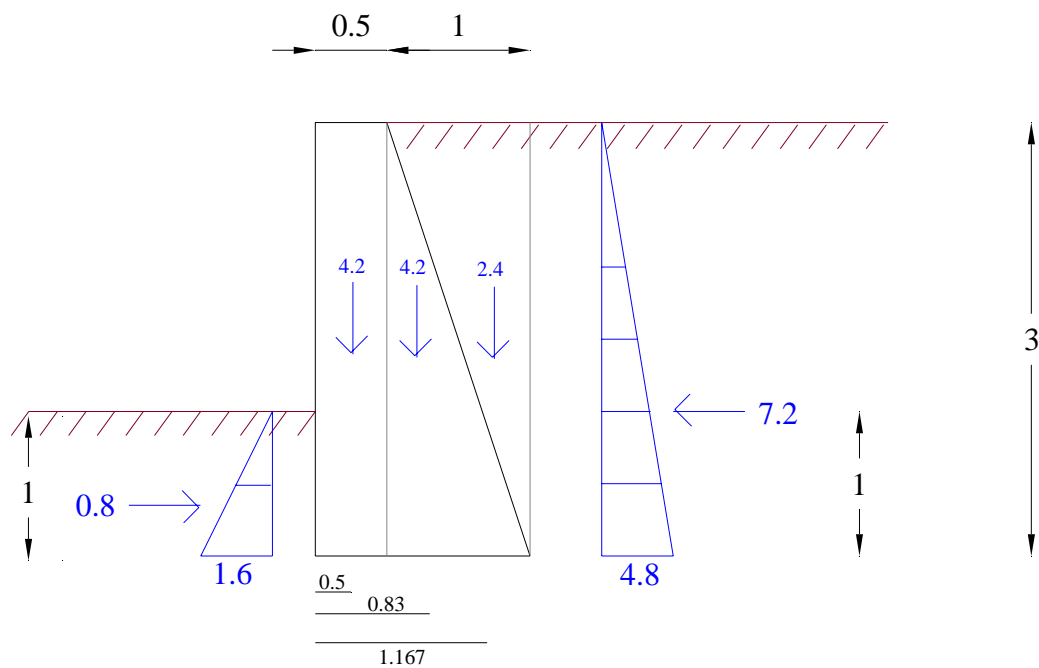
Se propondrá un muro con la siguiente geometría. (Cotas en m.)



Peso específico del suelo compactado = 1.6 tn/m<sup>3</sup>

Peso específico del muro de mampostería = 2.8 tn/m<sup>3</sup>

Descomposición de cargas y triángulos de esfuerzos para efectos de análisis.



Cargas que actúan verticalmente.

$$W1 = 0.5 (3) (2.8) (1) = 4.2 \text{ tn}$$

$$W2 = 1(3) (2.8) (1) / 2 = 4.2 \text{ tn}$$

$$W3 = 1(3) ( 1.6) (1) / 2 = 2.4 \text{ tn}$$

Cargas que afectan horizontalmente.

$$P1 = (1) (1.6) (1) / 2 = 0.8 \text{ tn}$$

$$P2 = 3 (1.6) (3) (1) / 2 = 7.2 \text{ tn}$$

**Revisión por volteo** (se hará suma de momentos en la esquina inferior izquierda del muro).

$$Mr = 4.2 (0.25) + 4.2 (0.83) + 2.4 (1.167) + .8 (0.33) = 7.6$$

$$Ma = 7.2 ( 1) = 7.2$$

Como se observa, el momento resistente es mayor al momento actuante, por lo tanto, el muro se acepta por volteo.

**Revisión por deslizamiento.**

Sumatoria de fuerzas horizontales.

$$Fh = 7.2 - 0.8 = 6.4 \text{ tn}$$

Sumatoria de fuerzas verticales.

$$F_v = 4.2 + 4.2 + 2.4 = 10.8 \text{ tn}$$

Considerando un factor de fricción de 0.6 obtenemos que:

$$10.8 (0.6) = 6.48 \text{ tn}$$

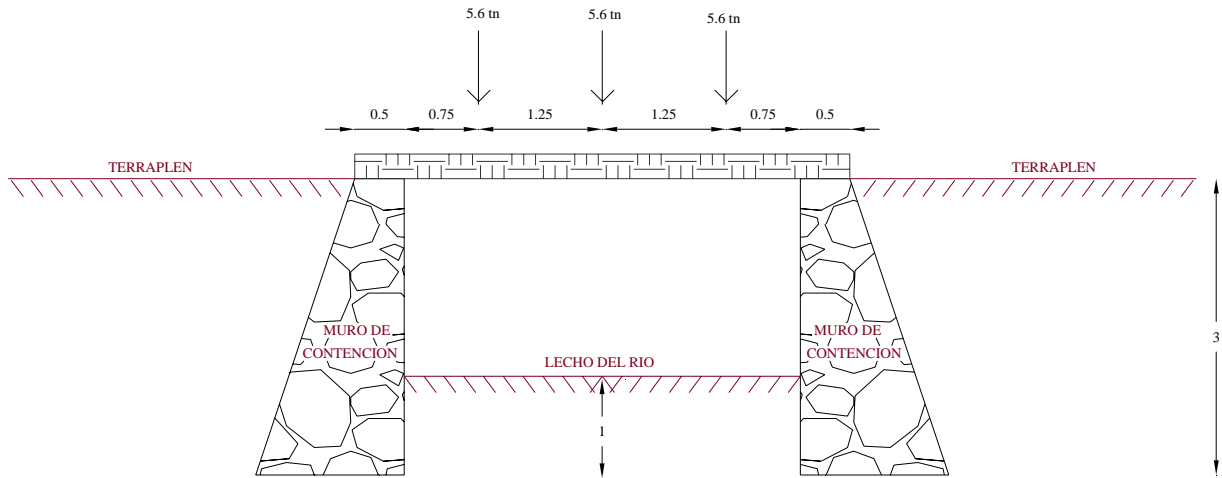
De igual manera, se nota que la resultante de los empujes horizontales es menor que la fuerza que puede soportar el muro por los efectos de fricción, por lo tanto es una sección aceptable.

### **Diseño de la losa**

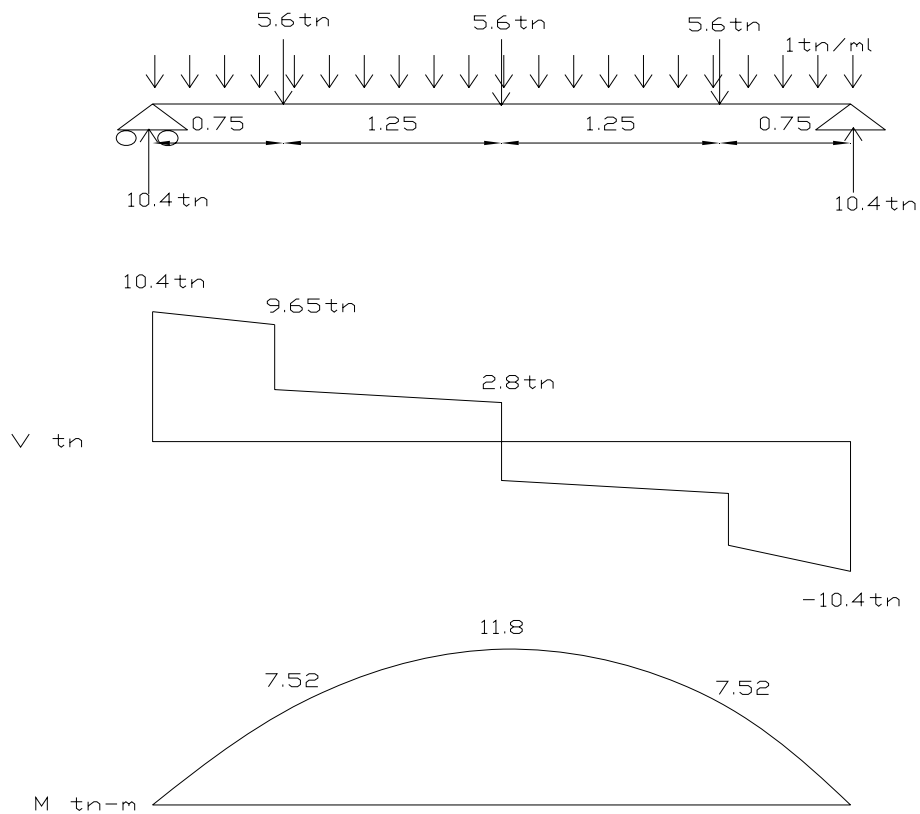
La losa se analizara como viga ancha y bajo la acción de carga que pudiera ser aplicada por un T3-S3 con una carga de 23.5ton. repartida en tres ejes, lo cual resulta 7.83ton. por eje, que corresponde a 3.915ton. para cada par de llantas. Se redondeará y tomara un valor de 4ton. por par de ruedas. La separación entre ejes es de 1.25m.

Se considerará un peso específico de 2.4 tn/m<sup>3</sup> para el concreto hidráulico y de 2.0 tn/m<sup>3</sup> para el asfalto compactado al 95% proctor. Para esto se considerará un espesor de 25cm para la losa y de 5cm para la carpeta asfáltica lo cual daría una carga de 0.7tn/ml y multiplicándola por el factor de 1.4 quedaría 0.98tn/ml. Para este caso se tomará 1tn/ml.

Las cargas se aplicaran de la siguiente manera para el diseño, tomando en cuenta que es la posición más desfavorable y aplicando un factor de carga de 1.4.



Los diagramas de cortante y momento quedarán de la siguiente manera.



De tal manera que:

$$V_{\max} = 10,400 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 1'180,000 \text{ kg-cm}$$

### **Diseño a flexión para momento máximo positivo.**

Se propone una viga con las siguientes características:

$$h = 25\text{cm}$$

$$b = 100\text{cm}$$

$$d = 22\text{cm}$$

$$F'c = 250\text{kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200\text{kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = 0.80 P_{\text{val}}$$

$$F^*c = 0.8 F'c = 200\text{kg/cm}^2$$

$$F''c = 0.85 F^*c = 170\text{kg/cm}^2$$

$$E_y = \text{modulo de elasticidad} = 2000000\text{kg/cm}^2$$

$$P_{\text{val}} = (F''c/F_y) / (4800 / (F_y + 6000)) = 0.0190476 \%$$

$$P_{\max} = 0.8 P_{\text{val}} = 0.0152381 \%$$

$$P_{\min} = [0.7 (F'c)^{1/2}] / F_y = 0.00263523$$

$$M_u = 1.1 M_{\text{serv}} = 1298000 \text{ kg-cm}$$

$$P_{\text{req}} = (F''c/F_y) * (1 - [1 - (2 M_r / (F_r)(F''c)(b)(d)^2]^{1/2}) = 0.007857415 \%$$

$$\text{Por lo tanto } A_s \text{ req} = 17.2863\text{cm}^2$$

$$\text{Emplear } 17.34\text{cm}^2 = 0.00788\%$$

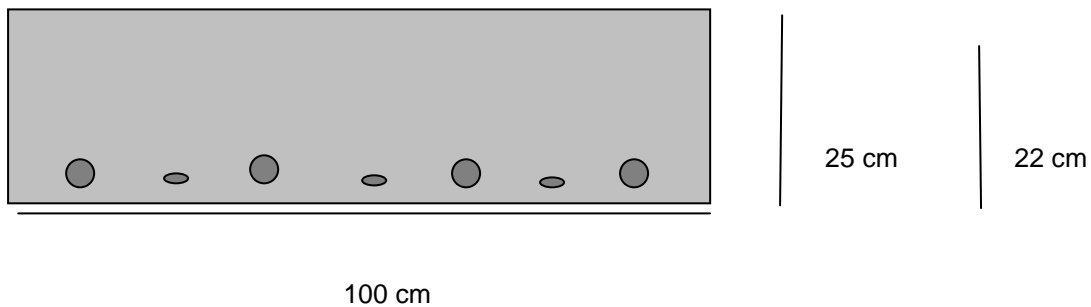
El acero empleado es mayor que el requerido y que el mínimo y menor que el máximo, por lo tanto es el correcto.



TIPO DE SECCION  
 PORCENTAJE DE ACERO  
 ACERO EMPLEADO

SUB REFORZADA  
 ACERO TOLERABLE  
 ACERO SUFICIENTE

TIPO DE VARILLA	AREA (Cm2)	# DE VAR	AREA TOTAL
VAR#8	5.07	0	0
VAR#7	3.38	0	0
VAR#6	2.85	4	11.4
VAR#5	1.98	3	5.94
VAR#4	1.27	0	0
VAR#3	0.71	0	0
<b>AREA DE ACERO</b>			<b>17.34</b>



Se propondrá colocar 4 varillas del numero 6 y 3 varillas de numero 5 en un ancho de 1m, lo cual corresponde a colocar una varilla cada 14.285cm en el lecho inferior.

### Diseño a cortante.

Debido a que  $P < 0.01$ ,

$$V_{cr} = Fr b d (0.2 + 30 \rho) (F^*c)^{1/2}$$

$$Fr = 0.8 \text{ (según NTC)}$$

$$V_{cr} = 0.8 (100) (22) (0.2+30(0.007882)) (200)^{1/2}$$

$$V_{cr} = 10,863.5 \text{ kg}$$

Como  $V_{cr}$  es  $> V_u$ , se acepta la sección por cortante.

Se calculará el acero necesario en la dirección del lado largo por efectos de temperatura.

$$A_s = 660 X_1 / F_y ( 100 + X_1 )$$

$$\text{Para este caso } X_1 = 25 \text{ cm}$$

$$A_s = 660 ( 25 ) / 4200 ( 100+25 ) = 0.0314 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$A_s = 0.0314 (100) = 3.14 \text{ cm}^2$$

Como el elemento estará expuesto a la intemperie, el área se multiplicará por un factor de 1.5.

$$A_s = 1.5 ( 3.14) = 4.71 \text{ cm}^2$$

La separación máxima será  $< 50\text{cm}$  ó  $3.5X_1$

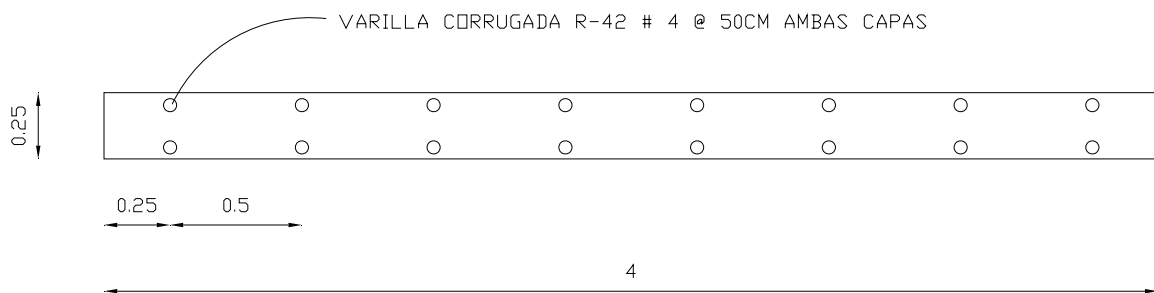
$$3.5X_1 = 87.5 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la separación máxima será de 50 cm

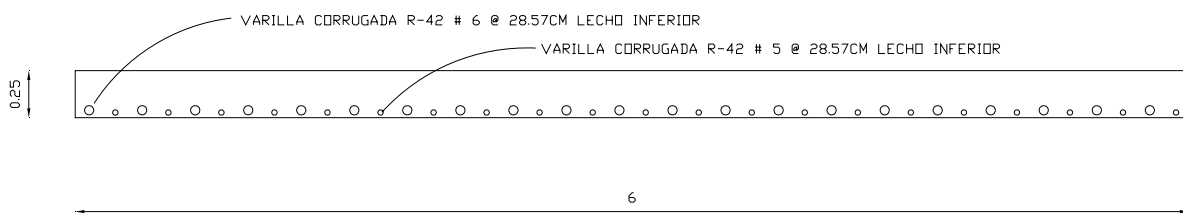
Se propone colocar 4 varillas del numero 4 por metro de ancho, lo cual daría 5.08 cm<sup>2</sup>, dichas varillas se colocaran por norma en dos capas próximas a las caras del elemento y a una separación de 50 cm centro a centro.

A continuación se mostrará un corte de la losa en la cual se podrá observar el armado.

CORTE EN DIRECCION DEL LADO CORTO

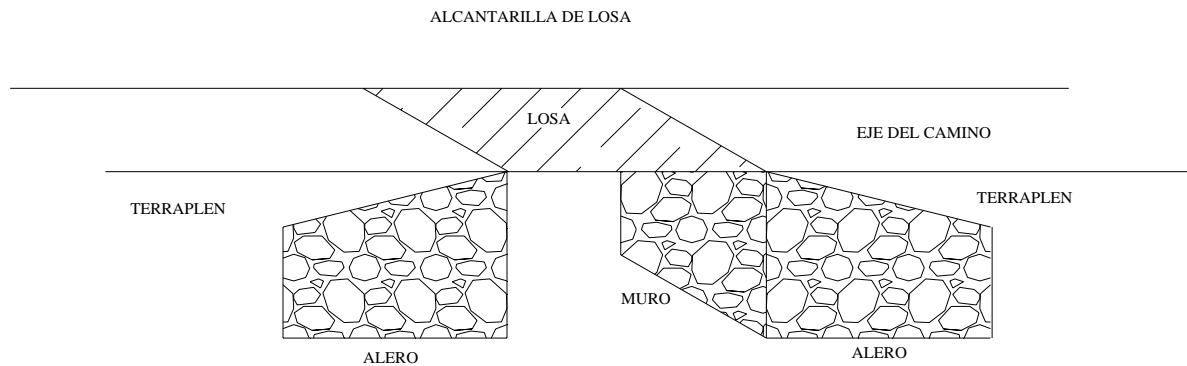
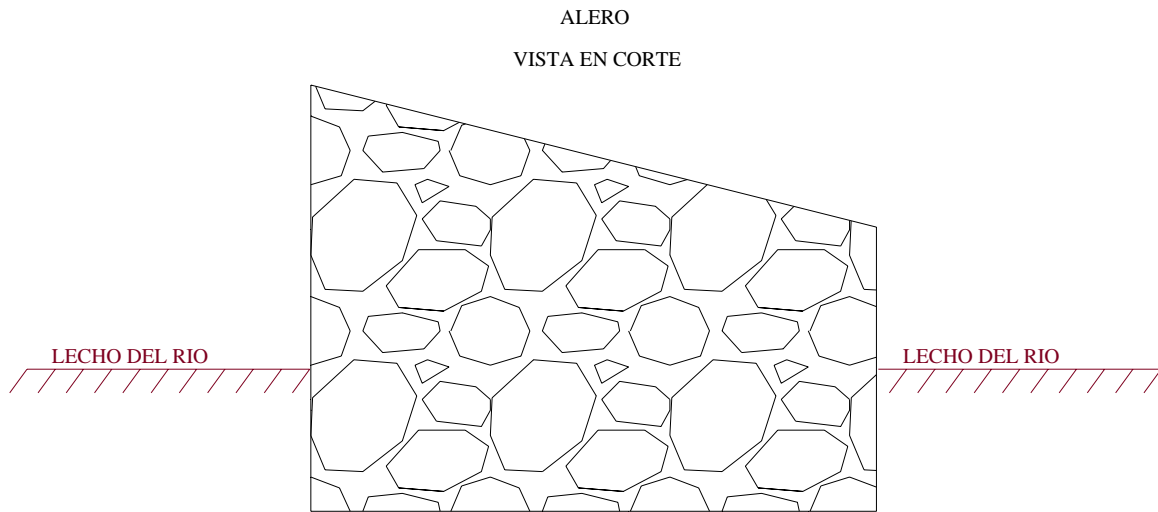


CORTE EN DIRECCION DEL LADO LARGO



Las varillas se continuaran hasta el final de la loza, la cual termina 50 cm después del paño del apoyo.

Se colocarán alerones aguas arriba y abajo de la loza con un ángulo de  $35^\circ$  respecto al eje del camino y con una longitud de 4m. Dichos aleros se construirán monolíticamente con los muros de contención, al inicio tendrán la misma altura que el muro pero esta disminuirá a lo largo de su proyección con una pendiente del 25%.



#### **5.2.4. Diseño de los lavaderos.**

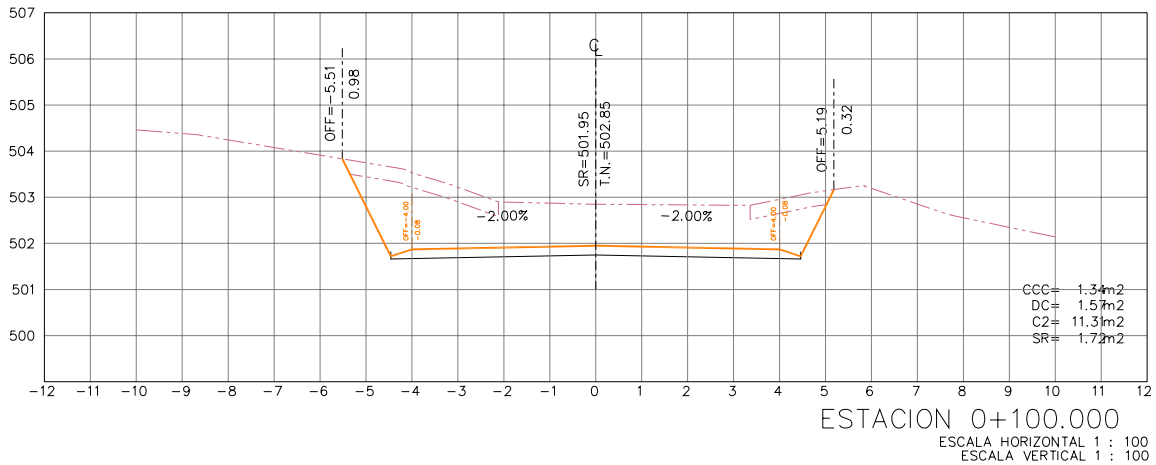
A la salida de las alcantarillas de tubo se colocaran lavaderos de concreto de 1.5m de anchos por 3 de largos para impedir la posible erosión y a la salida de la alcantarilla de losa, se colocara un lavadero de 6m de ancho por 5 de largo. El fondo de la alcantarilla de losa será zampeado con piedra y se colocará un dentellón frontal de 50cm. con la finalidad de impedir posibles socavaciones.

#### **5.2.5. Diseño del bombeo.**

Se cuidará que las secciones cumplan con el bombeo óptimo del 2 % para cada lado del eje del camino a excepción de las curvas que tendrán la pendiente hacia un solo lado debido a la sobre elevación necesaria para reducir la fuerza centrífuga.

Para observar el bombeo existente en el proyecto es necesario visualizar los planos 4 y 5 de secciones ubicados en el apartado de anexos.

A continuación se muestra una sección que especifica los bombeos adecuados en las rectas.



El resto de las secciones estará disponible en los planos 4 y 5 de secciones ubicado en el apartado de anexos.

### 5.3. Relación entre proyecto nuevo y existente.

Como se ha venido observando a lo largo del desarrollo de los proyectos, tanto el ya existente como el nuevo, es notorio que tienen ciertas características en las cuales coinciden pero también las hay en las cuales difieren, esto se puede deber a varios factores como pudieran ser: La normatividad existente en el periodo de diseño para el proyecto, el tiempo estipulado para la ejecución de la obra, las condiciones climáticas presentadas al momento de la ejecución, la profundización en la investigación para la recavación de los datos necesarios para la evaluación del

proyecto, el aspecto económico y el criterio del personal involucrado tanto en la evaluación como en la propia ejecución del proyecto.

En el proyecto propuesto se requieren más metros de cuneta que en el actual ejecutado. En el costado izquierdo se requieren 20m más en el tramo 0+680 al 0+740, 60m más en el tramo 0+860 al 0+920, 20m menos en el tramo 0+960 al 1+040, 40m más en el tramo 1+260 al 1+360, 20m más en el tramo 1+440 al 1+460, 20m más en el tramo 1+620 al 1+640 y 40m más en el tramo 1+740 al 1+960. Y en el costado derecho 20m más en el tramo 0+100 al 0+120, 20m más en el tramo 0+840 al 0+860 y 20m más en el tramo 1+140 al 1+160, lo cual suma un total de 200m más de cunetas, las cuales son necesarias para que el agua de los taludes no escurra asta la calzada del camino. Esto provoca un aumento en el costo pero genera un incremento en la seguridad de los usuarios y un incremento en la vida útil del camino. Las anteriores comparaciones se pueden ratificar con lo datos de las paginas 72, 73, 81 y 82.

Lo mismo sucede con las alcantarillas, en el reciente análisis se requieren 8 alcantarillas de tubo con diámetro de 1.07m y una alcantarilla de losa de 4m de ancha por 2m de alta, a diferencia con lo que existe en obra que solo son 5 alcantarillas de tubo de 91cm y una alcantarilla de losa de 3m de ancho por 2m de alto. La diferencia en el diámetro de los tubos es por una parte a que es el mínimo aceptable por la norma de la SCT y por otra parte a que los tubos existentes de 91cm se encuentra con un porcentaje alto de asolves, lo cual limita el área hidráulica y por lo tanto el flujo del agua. En algunos casos fue recomendable colocar las alcantarillas

en el mismo lugar donde se encontraba la otra como es el caso de los kms. 0+180 y 1+080, en otros casos fue necesario proponerla en un lugar diferente al existente como es el caso de la alcantarilla del km. 0+280, la cual se propone en el km. 0+250, la del km. 0+430 que se propone en el km. 0+450 y la del km. 0+720, la cual se propone en el km. 0+740. También fue necesario proponer nuevas alcantarillas a lo largo del tramo, estas se encuentran en los kms. 0+370, 1+820 y 1+900. Las alcantarillas que se movieron de lugar es porque se prevé que funcionarán mejor en la nueva ubicación puesto que se repartirá de mejor manera el agua de las cunetas. Las nuevas alcantarillas propuestas es porque de no existir, los tramos de cuneta excederían sus límites de longitud permisibles. En cuanto a la alcantarilla de losa, esta se propone en el mismo sitio donde se ubica la existente, solo que; con mayores dimensiones, estas son debido a que se prevé que en un futuro pudiera llegar a tener hasta 0.5 metros de tirante de asoles y aun así, conserve el área hidráulica necesaria para dar paso a la avenida de diseño.

Por lo que respecta a los bombeos, tanto el proyecto existente como el nuevo coinciden.

En el caso de los lavaderos se propone colocarlos ya que no existen y se puede observar el deslave existente justo a la salida de las alcantarillas, lo cual pudiera en un futuro poner en inestabilidad el cuerpo del muro de cabezal de la misma alcantarilla.



## CONCLUSIÓN

De acuerdo con todo lo mencionado en el proceso de desarrollo de la presente investigación se puede determinar que el objetivo principal, motivo por el cual se inicio el proyecto, se cumplió en su totalidad, puesto que éste pretendía hacer una revisión visual y analizar las condiciones actuales que presenta el tramo en estudio para diseñar las obras de drenaje necesarias y compararlas con las obras existentes en dicho tramo y así, evaluar la situación en la cual se encuentra. La cual arrojó como resultado de la revisión que las obras de drenaje existentes no son suficientes ni adecuadas para las condiciones tanto climatológicas como topográficas del tramo en estudio, ya que al hacer el análisis y el diseño de las obras necesarias, estas superan tanto en número como en dimensiones a las actualmente existentes. Por lo tanto por lo que respecta a la evaluación, el sistema de drenaje existente es considerado insuficiente.

Esta tesis brinda las respuestas concretas a las preguntas de investigación, que fueron las que dieron origen al desarrollo de la misma las cuales cuestionan los tipos de drenaje y sus características, la definición de carretera y principalmente la pregunta que se refiere a que si el sistema de drenaje existente en el tramo 0+100 al 2+000 de la carretera "Ziracuaretiro- La Ciénega" sería o no el apropiado para dicho tramo.

Es importante recalcar que las obras de drenaje señaladas en este proyecto son de suma importancia y más aún refiriéndose particularmente a las

alcantarillas que no existen en la obra ejecutada y que están siendo recomendadas en este proyecto puesto que son necesarias para que se puedan cumplir los objetivos particulares ya mencionados al inicio de esta tesis que se refieren al control del agua y su desalojo lo más rápido posible con la finalidad de incrementar la seguridad y la vida útil de la vía.

Cabe señalar que las fallas encontradas en campo no solo corresponden a un diseño erróneo sino que también tiene mucho que ver el cuidado que se tenga durante el proceso de construcción puesto que en algunos casos el diseño puede ser el ideal pero la ejecución puede ser pésima como es el caso de algunos tramos de cuneta, se puede observar que se construyó pero esta sufrió daños muy severos por falta de cuidado al momento de su colocación como se puede observar en las imágenes de la pagina 73.

Los resultados de esta investigación pudieran tener variaciones dependiendo de los métodos empleados, del momento y el lugar en que usen, estos valores son aplicables únicamente para este tramo del que se ha venido hablando en específico y en este tiempo, si se quisiera construir otro sistema de drenaje en otro tramo o en otro tiempo se tendría que analizar y diseñar nuevamente en todas sus etapas y con los métodos que se adapten a las normas y a los datos existentes.

## BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera, G. Carlos.

Cuaderno de comportamiento de suelos,

Ed. UNAM, México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2005)

Vías de comunicación,

Ed. Limusa, México.

Hernandez Sampieri, Roberto y Cols. (2004)

Metodología de la investigación,

Ed. Mc. Graw Hill. México.

Ingeniería de caminos.

Apuntes de UNAM.

Jurando Rojas, Yolanda. (2005)

Técnicas de investigación documental,

Ed. Thomson. México.

Mendieta Alatorre, Angeles. (2005)  
Métodos de la investigación y manual académico,  
Ed. Porrúa, México.

Mier S. José Alfonso. (1987)  
Introducción a la ingeniería de caminos,  
UMSNH, México.

Mijares J. Aparicio. (1989)  
Fundamentos de la hidrología de superficie,  
Ed. Limusa Noriega, México.

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)  
Estructuración de vías terrestres,  
Ed. Continental, México.

#### OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

(<http://www.cofom.michoacan.gob.>)

(<http://mapserver.inegi.gob.mx>).

(<http://www.michoacan.org>)

(<http://www.construmatica.com>)

(<http://www.construaprende.com>)

(<http://es.wikipedia.com>)

UNIVERSIDAD  
DON VASCO A.C.

INCORPORADA A LA  
UNAM

ESCUELA DE  
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO EXISTENTE PARA  
TESIS DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA CIVIL

DR. AMARANTO BLANCO SERRANO

ASESOR DE TESIS

DR. SANDRA SUZANA PARRA MACIAS

PROYECTO

DR. CLEMENTE CRIVEL AVILA

LEYER Y FECHA:  
COMPLAN MEXICALCAN, FEBRERO DEL 2005

CAMINO  
ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA

TRAMO  
ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA

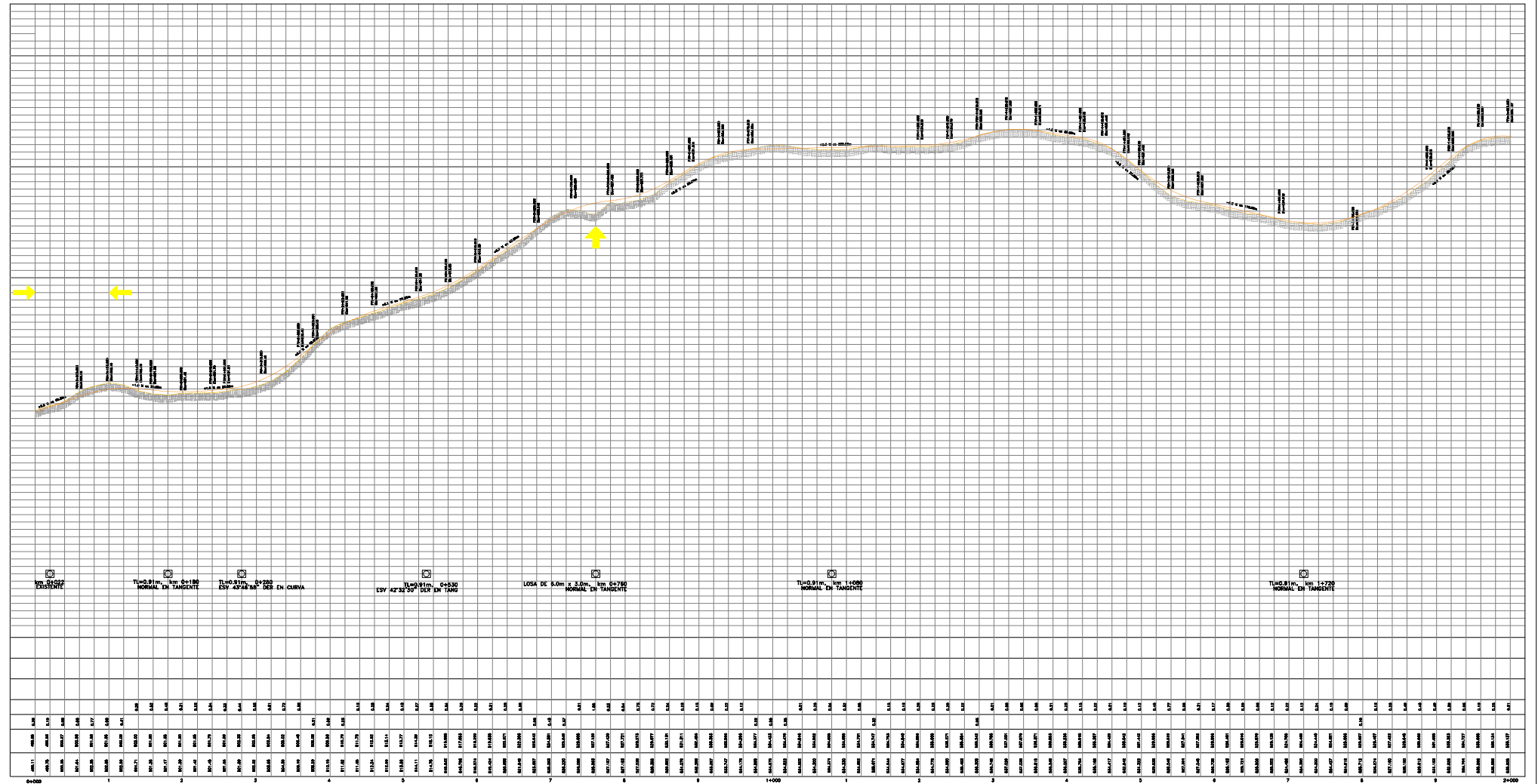
HEB-TRAMO  
km 0+100 - km 2+000

CRUCE  
ZIRACUARETIRO = 0+500

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

CONCEPTOS	EN UNO PLANO	UNIDAD
CAMINO	3"	
VELOCIDAD DE PROYECTO	80	km/h
ANCHO DE CALZADA	7.50	m
ANCHO DE CARRIL	3.75	m
CURVATURA MAXIMA	30	°
BOMBERO	2.5	%
ESPESOR DE PAVIMENTO	-	m
PERCENTAJE COESMULADORA	0.5	%
PERCENTAJE MAXIMA	0.5	%

PLANO	No. PLANO
PERFIL DE CONSTRUCCION	1
ESCALA HORIZ. 1:5,000	ACOTACIONES
ESCALA VERT. 1:500	METROS



UNIVERSIDAD  
DON VASCO A.C.

INCORPORADA A LA  
UNAM

ESCUELA DE  
INGENIERIA CIVIL

NUEVO PROYECTO PROPUESTO PARA  
TESIS DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA CIVIL

ING. ANAYARDO BELMÓN TREMERO

ASESOR DE TESIS

ING. RAQUEL PATALIA FERRAS MORALES

PROYECTO

ING. GABRIEL CHAVEZ AYARZ

LUGAR Y PERIODO  
URUAPAN MICHOACÁN, FEBRERO DEL 2008

CÁMERO  
ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA

TRAMO  
ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA

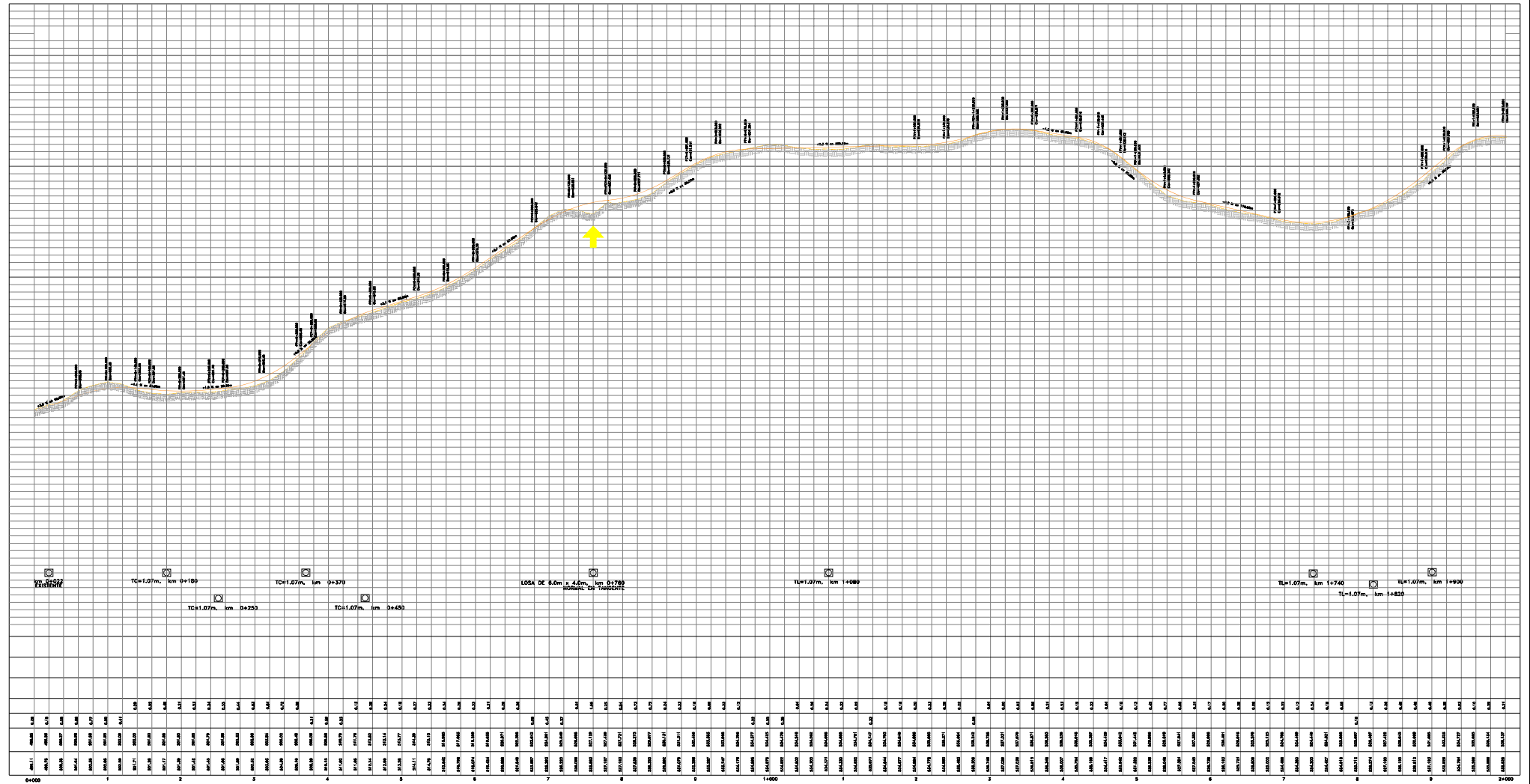
RUB-TRAMO  
km 0+100 - km 2+000

ORIGEN  
ZIRACUARETIRO = 0+500

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

CONCEPTOS	EN QUÉ PLANO	UNIDAD
CÁMERO	1	m
VELOCIDAD DEL PROYECTO	80	km/h
ANCHO DE CALZADA	2.80	m
ANCHO DE COCINA	2.80	m
CURVATURA MÁXIMA	80	°
SOMBRIO	5.0	%
ESPESOR DE PAVIMENTO	-	cm
PENDIENTE COMPLEMENTARIA	6.0	%
PENDIENTE MÁXIMA	8.0	%

PLANO	Nº PLANO
PERFIL DE CONSTRUCCION	2
ESCALA HORIZONTAL 1:5000	VERTICAL 1:500
ADJUSTACION: METROS	



UNIVERSIDAD  
DON VASCO A.C.

INCORPORADA A LA  
UNAM

ESCUELA DE  
INGENIERIA CIVIL

PROYECTO EXISTENTE PARA  
TESIS DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA CIVIL

ING. ALBERTO BLANCO SIMIANO

AYUDANTE DE TESIS

ING. SANDRA NAVALA PARRA MACIAS

PROYECTO

ING. GABRIEL CHAVEZ ALVAREZ

LUGAR Y FECHA:  
URUAPAN MICHOACAN, FEBRERO DEL 2008

CAMINO  
ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA

TRAMO  
ZIRACUARETIRO-LA CIENEGA

SEB-TRAMO  
Ktm 0+100 - Ktm 2+000

ORIGEN  
ZIRACUARETIRO = 0+600

ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

CONCEPTOS	EN SITIO PLANO	UNIDAD
CAMERO	"C"	
VELOCIDAD DE PROYECTO	80	km/h
ANCHO DE CALZADA	7.00	m
ANCHO DE CORDON	1.00	m
CURVATURA MAXIMA	80	"
BOMBEO	8.0	%
ESPESOR DE PAVIMENTO	-	m
PENDIENTE GOBERNANDA	8.0	%
PENDIENTE MAXIMA	8.0	%

PLANO:  
PLANTA DE CONSTRUCCION

No. PLANO:

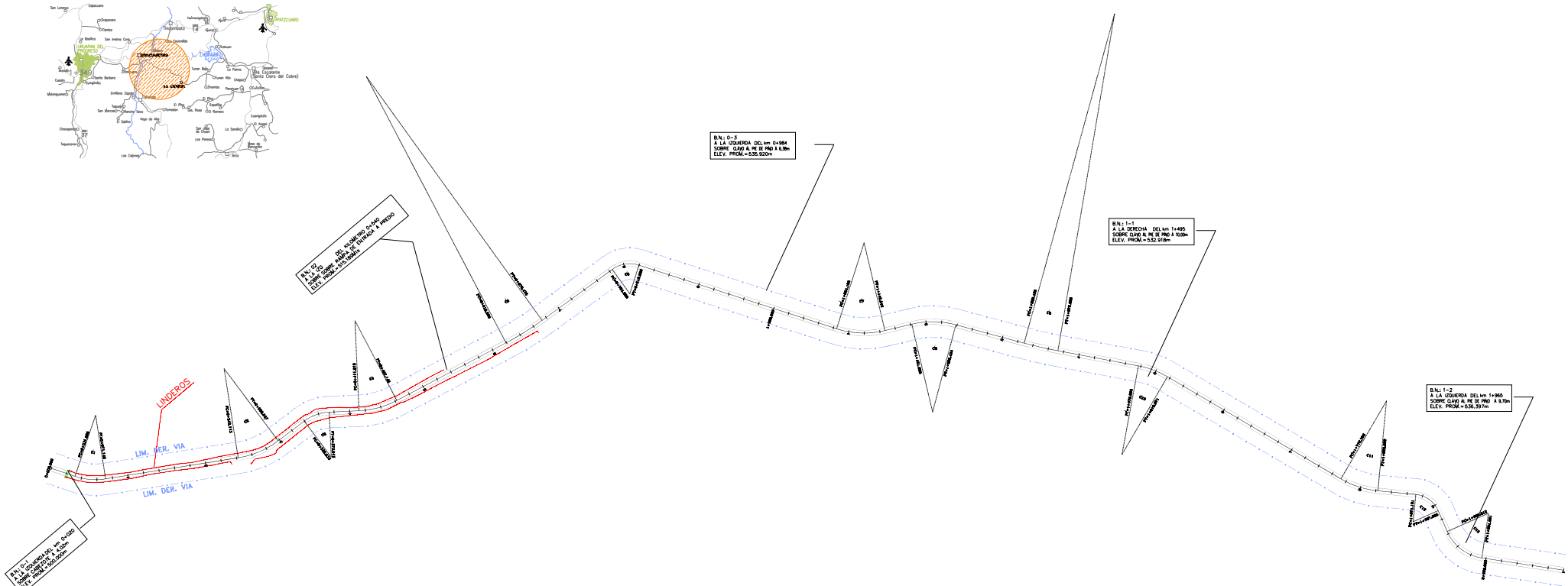
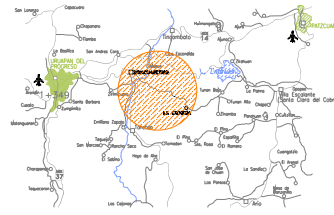
3

ESCALA HOR:

1:5,000

ADAPTACION:

METROS







UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.  
 INCORPORADA A LA UNAM  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 PROYECTO EXISTENTE PARA TRENES DE INGENIERIA CIVIL

ESTACIONES  
 ZIRACUARETRO-LA CHENEGA  
 ZIRACUARETRO-LA CHENEGA  
 km 0+100 - km 1+000  
 ZIRACUARETRO = 0+000

ABREVIATURAS  
 BC= Reguiler en curva  
 CB= Certe en el estado 2  
 CR= Reguiler en tangente  
 CV= Curva de vertiente compensada al 100  
 DC= Dato de pendiente, formado por 1000  
 DS = Dato de pendiente horizontal compensada al 100  
 DS = Dato de base horizontal compensada al 1000  
 DS = Dato de base horizontal compensada al 1000  
 DS = Dato de base horizontal compensada al 1000

SECCIONES DE CONSTRUCCION  
 No. Plano 5

