



UNIVERSIDAD  
DON VASCO, A.C.

**UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.**

Incorporación No. 8727-15 A la  
Universidad Nacional Autónoma de México

---

**Escuela de Ingeniería Civil**

**REVISIÓN DE PROYECTO DE DRENAJE DE LA CARRETERA LOS  
REYES - CHORROS DEL VARAL, DEL TRAMO "3+300 AL 6+100"**

**TESIS**

**Que para obtener el título de:**

**Ingeniero Civil**

**Presenta:**

**Ricardo Acosta Espinosa**

**Asesor:**

**Ing. Sandra Natalia Parra Macías**

**Uruapan, Michoacán, 2008**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## AGRADECIMIENTO

Primero que nada quiero agradecerles a Dios y a la Virgen María de Guadalupe por permitirme la existencia en este mundo, y así, conocer los retos que se presentan en nuestras vidas para salir adelante día con día con dedicación y esfuerzo.

A mis padres Liduvina y José, por darme la vida, su cariño y comprensión, y a enseñarme a vencer los obstáculos que en el camino se encuentran. A mi padre por impulsarme a realizar este trabajo mediante su deseo de siempre salir adelante, a mi madre que con su amor y oraciones, me ayudo a cumplir un objetivo más en la vida gracias a su dedicación y paciencia.

A todos mis hermanos, Javier (QEPD), Angélica, José Luis, Gerardo, Francisco, Austreberto, Martha, Carlos y Héctor, que cada uno, siempre ha tendido un consejo que dar para ayudarme a crecer y cumplir con mis objetivos, a motivarme para continuar con mis estudios a pesar de la distancia que ha existido, a todos y cada uno de ellos mil gracias.

A mis amigos, ya que juntos vivimos momentos agradables en el periodo escolar.

A mis maestros por tener la paciencia de enseñarme y escucharme cuando lo necesite, al Ing. Anastacio, que con su dedicación y entrega, apoyo a que se hiciera

posible la realización de esta tesis, a la Ing. Sandra, gracias por su paciencia para motivarme a salir adelante en este proyecto y, al Lic. Juan Luis que siempre impulso a que se cumpliera con el objetivo y culminar con el compromiso que se pacto al inicio de este trabajo.

A mi amiga Silvia, que en cierto momento en la vida me ayudo para continuar con mis estudios, basándose en los consejos los cuales me sirvieron para salir adelante.

Y muy en especial a mi esposa Mónica, que ha estado conmigo en todo momento, en todos los retos que se presentan en la vida, y que siempre me acompaña en cada paso que doy, por eso muchas gracias.

## Indice

Introduccion

Planteamiento del problema

Objetivo

Preguntas de investigacion

Justificacion

Delimitacion

Marco de referencia

Capitulo 1.- Vias terrestres

1.1 Antecedentes de los caminos.

1.2 Inventario de caminos.

1.3 Elementos de la ingenieria de transito usados para el proyecto.

1.4 Velocidad.

1.5 Volumen de transito.

1.6 Densidad de transito.

1.7 Derecho de via.

1.8 Capacidad y nivel de servicio.

1.9 Distancia de visibilidad.

1.10 Mecanica de suelos

## Capítulo 2.- Drenaje

### 2.1 Antecedentes.

### 2.2 Objetivo de las obras de drenaje.

### 2.3 Hidrologia.

#### 2.3.1 Definicion de hidrologia.

#### 2.3.2 Ciclo hidrológico.

#### 2.3.3 Agua superficial.

#### 2.3.4 Agua subterránea.

#### 2.3.5 Cuenca Hidrológica.

### 2.4 Precipitación.

#### 2.4.1 Precipitación pluvial.

#### 2.4.2 Tipos de precipitación.

### 2.5 Escurrimiento.

### 2.6 Infiltración.

### 2.7 Avenida de diseño.

#### 2.7.1 Métodos para determinar la avenida de diseño.

#### 2.7.2 Tránsito de avenidas.

### 2.8 Drenaje en los caminos.

#### 2.8.1 Importancia del drenaje.

### 2.9 Drenaje superficial.

#### 2.9.1 Definición de drenaje superficial.

#### 2.9.2 Cunetas.

#### 2.9.3 Contra cunetas.

2.9.4 Bombeo.

2.9.5 Lavadero o vertedero.

2.10 Drenaje subterráneo.

2.10.1 Definición de drenaje subterráneo.

2.11 Alcantarilla.

2.11.1 Definición de alcantarillas.

2.11.2 Tipos de alcantarillas.

2.12 Puentes.

2.12.1 Definición de puente.

### Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de macro y micro localización

3.1 Generalidades.

3.2 Resumen ejecutivo.

3.3 Entorno geográfico.

3.3.1 Orografía.

3.3.2 Hidrografía.

3.3.3 Clima.

3.3.4 Principales ecosistemas.

3.3.5 Recursos naturales.

3.3.6 Actividad económica.

3.3.6.1 Agricultura.

3.3.6.2 Ganadería.

3.3.6.3 Industria.

3.3.6.4 Turismo.

3.3.6.5 Comercio.

3.4 Informe fotografico.

3.5 Estudios de transito.

3.6 Alternativas de solucion.

Capítulo 4.- Metodologia.

4.1 Metodo empleado.

4.1.1 Metodo matemático.

4.2 Enfoque de la investigacion.

4.2.1 Alcance.

4.3 Diseño de la investigacion.

4.3.1 Investigacion secuencial o transversal.

4.4 Instrumentos de recopilacion de datos.

4.5 Descripcion del procedimiento de investigacion.

Capítulo 5.- Revision y analisis del proyecto.

5.1 Datos del proyecto.

5.2 Revision del proyecto.

5.3 Revision de la cuenca y su pendiente.

5.4 Diseño de cunetas.

5.5 Diseño de alcantarillas.



5.5.1 Diseño de alcantarilla de losa.

5.6 Bombeo.

5.7 Comparativa entre proyecto nuevo y existente.

Conclusion.

Bibliografía.

Anexos

## RESUMEN

En la Revisión de Proyecto de Drenaje de la carretera Los Reyes - Chorros del Varal, del tramo "3+300 AL 6+100", cuyo objetivo fue realizar una investigación basada en un estudio visual de las condiciones actuales de las obras de drenaje se realizó la comparación de las obras existentes con las nuevas, así mismo, en el capítulo 1 se abordaron temas relacionados a las vías terrestres tales como: antecedentes en los caminos, los elementos de ingeniería de tránsito, conceptos como la velocidad y el volumen de tránsito así como el derecho de vía y los diferentes tipos de vehículos. En el capítulo 2 se abordaron temas relacionados con la hidrología, como el ciclo hidrológico en sus distintas etapas, la importancia del drenaje en los caminos así como las obras necesarias para desalojar el agua de una vía terrestre. Se ubico el lugar físicamente y se logro la interpretación de datos por medio de una carta topográfica, se realizo el encuadre metodológico utilizando el método matemático cuantitativo para interpretar cantidades numéricas mediante distintas fórmulas, la investigación no fue de tipo experimental ya que tiene una dimensión temporal y estos a su vez se clasifican en transeccional y longitudinal, gracias a este método se lograron resultados que fueron enfocados en el diseño de las distintas etapas de las obras de drenaje. A su vez, se beneficiará a la población del lugar y a futuras investigaciones así como al investigador de este trabajo, dando además respuesta a la pregunta principal la cual indica que si las obras de drenaje fueron construidas adecuadamente, teniendo como resultado que las obras de

drenaje son insuficientes, recomendando a su vez que en los proyectos de vías terrestres se considere integrar estudios para obras de drenaje.

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes.**

“Por necesidad, los primeros caminos fueron vías de tipo peatonal (veredas) que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones en busca de alimentos”. (Olivera; 2006,1)

Menciona Olivera (2006), que con el invento de la rueda también apareció la conocida carreta, jalada por personas y animales, por lo que fue necesario adaptar los caminos para que el flujo de tránsito fuera más rápido y seguro.

Cuando se construían sobre suelo blando los caminos tipo vereda los habitantes colocaban piedra sobre el camino para no sumergirse en el lodo al igual que para las carretas estas se revestían para que no se hincaran las ruedas sobre el terreno, para ello utilizaban piedra machacada y hasta empedrados como los de la vía Apia donde se realizaban carreras de carretas.

De acuerdo con Crespo (2007) Los diferentes medios de comunicación tales como el automóvil, los barcos y aviones, son mencionados y catalogados como elementos detonadores en la vida social, y son grandes instrumentos para la civilización.

Dado que dentro de una vía de comunicación existen elementos tales como, ancho de calzada, ancho de corona, rasante, subrasante, talud de corte y de terraplén entre otros se tiene además, cunetas que forman parte de las obras de drenaje que se requiere por mencionar alguno dentro de una carretera.

Según Chávez (2008), citando a The Armco International Corporation (1958) con el paso del tiempo y en base a eventos naturales involucrados dentro de una vía carretera se ha observado y demostrado que los elementos que componen las obras de drenaje son de suma importancia debido a que proporcionan mayor funcionalidad y además de que gracias a estas obras se puede considerar un tiempo mayor entre un mantenimiento y otro, eso si las características del tramo carretero no han rebasado el proyecto de diseño; y lo mas importante que proporcionararan menores daños al arroyo por lo tanto el usuario podrá tener la certeza de que existirá mayor seguridad siendo este y la sociedad los mayores beneficiados.

Para el diseño de las obras de drenaje es muy importante tener el conocimiento del lugar donde tienen originan los caudales máximos para su estudio.

Es muy importante mencionar que dentro de las investigaciones que se tienen para su consulta se encuentra la Tesis de Gabriel Chávez Álvarez cuyo título es, **REVISION DE OBRAS DE DERNAJE DEL TRAMO “0+100 AL 2+000” DE LA CARRETERA ZIRACUARETIRO – LA CIENEGA.**, del año 2008. El objetivo del trabajo fue el estudiar y plantear obras necesarias así como compararlas con la ya

existentes, además de evaluar y determinar si eran o no las adecuadas recomendando nuevas en caso de ser necesario; obteniendo como resultado que el sistema de drenaje era insuficiente por falta de alcantarillas y que en cierto tramo carretero existían fallas en las cunetas originado tal vez por un mal diseño o mala ejecución en la construcción de las mismas.

También se tiene la Tesis de Jorge Valencia Aburto con el tema, **REVISION DE DRENAJE DEL TRAMO CARRETERO DENOMINADO LA CURVA “DEL DIABLO” EN LA CARRETERA PLAYA AZUL – CARAPAN DEL KM. 65+000 AL 66+000**, del año 2008; teniendo como objetivo el revisar el sistema de drenaje existente obteniendo como resultado que una obra de drenaje bien ejecutada proporciona un aspecto importante ya que ayuda a la conservación de los caminos además que se realizo una construcción adecuada en el arrollo y cunetas, cunetas y contracunetas así como lavaderos y elementos necesarios cumpliendo con los factores de tipo de cuenta y bombeo según la Secretaria de Comunicaciones y Transportes **(S.C.T.)**

## **Planteamiento del problema.**

En la presente tesis se revisarán y plantearán las obras de drenaje indispensables en la reconstrucción de la carretera Los Reyes – Chorros del Varal, tramo 3+300 al 6+100, debido a la necesidad de saber si por cuestiones topográficas y climatológicas particulares de la zona en estudio son suficientes para desalojar el agua.

Debido a que en la zona se presentan precipitaciones pluviales altas es indispensable tener en cuenta que daña directamente a la vía carretera y por consecuencia las obras de drenaje, aunado a la falta de mantenimiento de las mismas.

El flujo vehicular en esta zona tiene las características de ser para carros agrícolas de tipo pesado además de automóviles que en su mayoría son del tipo pick up, no obstante se observa que se requiere una buena educación vial para los conductores, ya que como se mencionó con anterioridad es una zona de precipitaciones altas.

Se observa que algunas obras existentes a simple inspección visual no cumplen con los requisitos mínimos de desalojo del agua, teniendo además como antecedente que es probable que no se les de el mantenimiento adecuado y se asolven con frecuencia, es por ello que se revisaran para determinar cuales serian las

variantes que en un momento dado llegan a afectar o no las obras existentes y determinar si son o no suficientes.



## **Objetivos.**

### **Objetivo general:**

Realizar una investigación basada en un estudio visual de las condiciones actuales de las obras de drenaje y la reconstrucción de las mismas para diseñar nuevas obras haciendo una comparación con las existentes.

### **Objetivos particulares:**

- Definir que es un sistema de drenaje y particularmente en la zona de estudio depositar el agua a su destino final.
- Tener un desalojo adecuado del agua en la carretera cumpliendo con las normas requeridas.
- Proporcionar al usuario mayor seguridad en su trayecto por esta zona
- Dar mayor vida útil a la estructura de la carretera.

## **Preguntas de investigación.**

En el presente estudio se tratara de dar respuesta a las siguientes preguntas:

### **Pregunta principal:**

¿Habrán sido construidas las obras de drenaje adecuadamente en el tramo carretero Los Reyes – Chorros del Varal, del km 3+300 al 6+100?

### **Preguntas secundarias:**

1. ¿Qué importancia tiene la topografía tanto en una vía carretera así como en una obra de drenaje?

2. ¿Cuáles son los beneficios de una obra de drenaje?
3. ¿Cómo se puede determinar el mejor sistema de drenaje?

### **Justificación.**

La importancia de la presente investigación se basó en el alcance que se puede tener para beneficiar en forma directa a los habitantes de la zona en estudio, ya que gracias a esta se tendrán mejoras en la vida social, mencionando directamente a las personas que requieren hacer uso de las obras de drenaje como recurso para sus actividades cotidianas, ya que en lugar se observa un gran número de producciones agrícolas.

Cabe señalar que debido a la ruta turística que representa este camino se detonaría un crecimiento económico principalmente en las poblaciones aledañas a Los Chorros Del Varal, a Los Reyes y, por ende, al estado de Michoacán, ampliando las expectativas de turistas del país y del mundo.

La ingeniería civil sería beneficiada por contar con nuevas investigaciones para futuros proyectos además de contar con mayor información para el investigador y el lector que conozca o presente interés sobre el tema de las obras de drenaje.

Los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco además de ser beneficiados contarían con fuentes necesarias que les ayudarían a

estudiar y plantear problemas en el transcurso de sus estudios y para posible investigación de tesis.

El investigador directamente de este trabajo sería el principal beneficiado ya que gracias a este resolvería las interrogantes que dieron origen al presente compromiso.

## **Delimitación.**

El presente trabajo presenta un estudio de las obras de drenaje que se contemplan únicamente en el tramo carretero, San Sebastián – Los Chorros del Varal del Km. 4+000 al 6+100.

Se revisara además la reconstrucción de obras existentes señalando un posible comparativo para posibles obras adicionales a las existentes, también se realizaran los análisis necesarios para determinar los caudales máximos para su interpretación basado en los procedimientos de cálculos requeridos.

Mientras se realiza la presente investigación y se revisen las obras existentes se diseñaran las que en base al estudio sean necesarias citando también si las actuales cumplen o no con su función, además se proyectarán las obras necesarias respetando los lineamientos que el elemento requiera para su cometido.

## **Marco de referencia**

“Los Reyes de Salgado se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°35' de latitud norte y 102°28' de longitud oeste, a una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tingüindín, al este con Charapan y Uruapan, al sur con Peribán y el Estado de Jalisco, y al oeste con Tocumbo. Su distancia a la capital del Estado es de 220 Kms. al sur con Peribán y el Estado de Jalisco, y al oeste con Tocumbo. Su distancia a la capital del Estado es de 220 Kms.

### **Perfil sociodemográfico.**

#### **Grupos étnicos.**

Según el Censo General de Población y Vivienda 1990, en el municipio habitan 7209 personas que hablan alguna lengua indígena, y de las cuales 3536 son hombres y 3673 son mujeres; los purépechas representan el 80% de la población del municipio.

Dentro de las dos principales lenguas indígenas, podemos mencionar al purépecha y al náhuatl.

#### **Evolución demográfica.**

En el Municipio de Los Reyes en 1990, la población representaba el 1.41 por ciento del total del Estado.

Para 1995, se tiene una población de 54,035 habitantes, su tasa de crecimiento es del 1.6 por ciento anual y la densidad de población es de 113 habitantes por kilómetro cuadrado. El número de mujeres es relativamente mayor al de Hombres.

### **Religión.**

Predomina la religión Católica, seguida de la Evangelista.

### **Infraestructura social y de comunicaciones.**

### **Educación.**

El municipio cuenta con centros educativos de preescolar, primaria, secundaria y bachillerato. Además recibe los servicios del Instituto Nacional de Educación para los Adultos.

### **Salud.**

En cuanto a servicios de salud el municipio, tiene los servicios de clínicas del IMSS, ISSSTE y la Secretaría de Salud, así como de clínicas y consultorios particulares.

### **Abasto.**

El abasto en el municipio se realiza a través de un mercado, tianguis ambulante, tiendas departamentales y de abarrotes.

## **Deportes.**

En la localidad el municipio cuenta con una unidad deportiva, un auditorio municipal, 6 campos de fútbol y 18 canchas de básquetbol.

## **Vivienda.**

Existen en el municipio un total de 9,724 viviendas, predominando las construidas con tabique y/o block, seguido de las de adobe, madera y otros materiales como cartón.

## **Servicios Públicos**

La cobertura de servicios públicos de acuerdo a apreciaciones del H.

Ayuntamiento es:

Agua Potable 70%

Drenaje 40%

Pavimentación 10 %

Alumbrado Público 50 %

Recolección de Basura 70 % (sólo la cabecera municipal)

Cloración del agua 100 % (sólo en la cabecera municipal)

Seguridad Pública 85 %

Además, el ayuntamiento administra los servicios de parques y jardines, edificios públicos, unidades deportivas y recreativas, monumentos y fuentes, entre otros.

### **Medios de comunicación.**

El municipio cuenta con un periódico local, y cobertura de los principales diarios de la región y estatales. Repetidoras de radio AM-FM y canales de televisión.

### **Vías de comunicación.**

El municipio esta comunicado por 2 carreteras, Zamora-Buenavista y Uruapan-Buenavista. Cuenta con 30 Km. de caminos pavimentados y 65 Kms. de caminos vecinales de terracería que comunican a sus comunidades. Cuenta también con oficina de correos, teléfono, fax, cobertura de telefonía celular, transporte foráneo, colectivo y taxis.

### **Actividad económica.**

#### **Agricultura.**

Representa su principal actividad económica. Los principales cultivos son maíz, caña de azúcar y fresa.

#### **Ganadería.**

Es la tercera actividad económica en importancia. Se cría ganado bovino, caprino, lanar y caballar. Estos dos sectores representan casi el 33% de su actividad económica.

#### **Industria.**

En el municipio la Industria Azucarera representa el 19% de la actividad económica



**Turismo.**

Cuenta con un atractivo natural conocido como “Los Chorros del Varal”, consta de cinco vistosas caídas de agua del río Iturria que se precipitan al río Apupataro de una altura aproximada de 50 Mts. El acceso es a través de 800 escalones de piedra que llegan a un puente colgante de 20 Mts. de largo cruzando el río. Representa el 3% de su actividad económica.

**Comercio.**

La cabecera municipal es un centro de acopio de artesanías de la región. Cuenta con mueblerías, tiendas de autoservicio, calzado, ferreterías, papelerías, materiales para construcción, etc. Representando el 13% de su actividad económica

**Servicios**

El municipio cuenta con hoteles, restaurantes y centros nocturnos.”

([www.emexico.gob.mx](http://www.emexico.gob.mx))

# **CAPÍTULO 1**

## **VÍAS TERRESTRES**

Las vías terrestres, como su nombre lo indica, son caminos sobre ciertos puntos específicos pudiendo estos ser de tipo peatonal o vehicular históricamente hablando, que sirven para ir de un lugar a otro; en el presente capítulo mencionaremos la importancia de los elementos y factores que intervienen tales como: el inventario de caminos, volumen de tránsito, los derechos de vía necesarios para los caminos así como la capacidad y nivel de servicio por mencionar algunos.

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

Según Mier (1987), en Asia Menor se inventó la rueda hace unos 5,000 años, por lo que fue necesaria la construcción de áreas de rodado que tuvieran la fricción necesaria para el transporte de cuatro ruedas que en ese tiempo existían, que eran las carretas.

En esos tiempos, tanto los egipcios como los asirios, empezaron a desarrollar sus propios caminos, los romanos, gracias al buen desempeño y habilidades de sus ingenieros tuvieron un gran auge en la construcción de caminos ya que el desarrollo de su red era perfecto. Gracias a los caminos de cuota se da un impulso en la ciudad de Mexico que tuvo sus inicios en el año 1925, sin embargo, a la llegada de los

españoles a Territorio Nacional y observar que se carecía de conocimiento del uso de la rueda para los vehículos de transporte, observaron que contaban con gran cantidad de caminos, veredas y senderos a base de piedra y además en este aspecto destacaron los aztecas y mayas al realizar actividades comerciales, religiosas y bélicas.

Dentro de los cambios que se realizaron a los caminos se sabe que estos se dieron mediante el uso de animales de tiro y de carga siendo menester tener comunicado el centro de la Nueva España con los puertos marítimos.

Gracias a la aparición del automóvil en Mexico en 1906, los caminos tuvieron un gran avance mayor a cuatrocientos años atrás de la historia del país, sin embargo, hasta ese momento los caminos cumplían con las características adecuadas para sus exigencias.

Mediante la creación de la Comisión Nacional de Caminos expedida en 1925 por el presidente de la Republica, Gral. Plutarco Elias Calles se da la iniciativa de construir nuevos caminos y dar mantenimiento a los ya existentes en base a su estado de conservación.

En el año de 1932, la Comisión Nacional de Caminos integrada por Secretarias de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Obras Públicas dependieron de esta última mediante el nombre de Dirección Nacional de Caminos.

Desde 1982 la S.C.T. una vez que se dividió la S.C.O.P. en Secretaria de Obras Publicas y en Secretaria de Comunicaciones y Transportes, esta última se encarga de todo lo relacionado a los caminos.

## **1.2 Inventario de caminos.**

Para el inventario de caminos se menciona que existen distintos procedimientos a seguir, según Mier (1987), existen desde los mas sencillos basados en el recorrido de un automóvil y referenciar el kilometraje por medio del odómetro del mismo auto realizando las anotaciones que en el propio camino se encuentren, y los mas completos como el levantamiento topográfico que proporcionaran los datos que en el trayecto de un lugar a otro se tomen.

La diferencia que se encuentra con el odómetro y el levantamiento es que el primero es poco confiable por la carencia de resultados que proporciona y el segundo tiene el inconveniente de ser costoso y con un avance lento.

“Un método que combina satisfactoriamente los requisitos de precisión, rapidez y economía, es el levantamiento con odografo-giroscópico de la planta del camino”. (Mier; 1987,5)

Es importante citar que existen características con las que se debe contar al realizar el inventario de un camino las cuales serian: planta del camino, perfil,

itinerario, configuración del terreno por el que se cruza, la superficie de rodamiento, secciones transversal, alineamiento tanto vertical así como horizontal, obras de drenaje entre otros.

La capacidad de un camino se debe gracias a la aplicación inmediata de un inventario, cita Mier (1987), que en un camino existen varias características para determinar esta, tales como, las geométricas y del tránsito que en el circulan, cabe señalar que las aplicaciones del inventario tienen la posibilidad de citar cuales serian tanto el tipo de obra así como su prioridad para ser consideradas en un programa de construcción y mantenimiento evidenciando los aspectos que justifican llevar a cabo un inventario.

Cuando un inventario es concluido es necesario mantener al corriente los datos recabados desde que se inicio este así como las modificaciones que a futuro existieran para saber en las condiciones en que se encuentra el camino.

### **1.3 Elementos de la ingeniería de transito usados para el proyecto.**

“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 caminos, con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro.” (Mier; 1987, 21).

De acuerdo con Mier (1987), Uno de los principales problemas que se tiene sobre el tránsito vehicular se debe a la diferencia que presentan los autos modernos al desplazarse sobre caminos que en la actualidad se consideran impropios, aunado a esto la proyección de los caminos, que en su mayoría no cumplen con el trazo para el desplazamiento en curvas del cual se deriva el diseño de los vehículos.

Algunos caminos por falta de planificación continúan con las mismas características con las que fueron diseñados mas sin embargo el cambio que ha tenido la agencia automotriz tiene como resultado diferentes tipos de vehículos tales como, camiones y coches livianos que transitan de manera común con bicicletas y carros de tracción animal, teniendo como resultado perdida de tiempo y lo mas importante vidas humanas.

Es menester resolver el problema de tránsito en el menor tiempo posible, por lo que se citan tres posibles soluciones:

- Solución integral: Establecer un camino que satisfaga al automóvil moderno independientemente de su tamaño ya que los carros conservan sus dimensiones en promedio.
  
- Solución parcial de alto costo: Realizar cambios a los caminos que se tienen en la actualidad tanto en carreteras así como en las ciudades.

- Solución parcial de bajo costo: Aprovechar el estado actual de los caminos con una regulación en el tránsito con el mínimo de obras materiales.

Mediante la Ingeniería de Tránsito, la Educación Vial y la Legislación y vigilancia policíaca se puede llevar a cabo la solución que mejor convenga.

Según Chávez (2008), existen tres elementos que forman parte de la ingeniería de tránsito:

- El usuario: es conformado por la población en general, como peatón y también como conductor, el primero logra adaptarse a cualquier camino por sus condiciones físicas, por otro lado, al conductor le afectan los factores, tanto de visibilidad y además el tiempo de reacción, por otro lado, el usuario logra tener cierto riesgo al no saber manejar.
- El vehículo: este es el medio que es utilizado por el usuario para trasladarse de un sitio a otro. En México el promedio de ocupantes por vehículos es de 2.9 personas por automóvil y 24 por autobús. Los vehículos empleados para proyecto son: DE-450 para determinar las características de los caminos 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% son pesados. La relación peso-potencia de los vehículos

particularmente los de carga, afecta el alineamiento vertical de un camino, ver tabla No1

- 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 S.C.T.: montañoso, lomerío y plano. Ver tabla No 2.
  - ❖ Por capacidad: autopista de cuatro o más carriles, dos carriles y brechas.
  - ❖ Administrativa: caminos federales, de cooperación bipartita y tripartita además de los de cuota.

TIPO DE VEHICULO	CARRILES	ESQUEMA		CARRIL	ANCHURA RESPECTIVA TOTAL DE CARRIL	ANCHURAS RESPECTIVAS TOTAL DE VEHICULO	
		PERFIL	PLANTA				
AUTOMOVILES	2			4	—	40	80
	3			4		10	
AUTOBUSES	2			6	—	10	20
	3			6		10	
CAMIONES	2			CE	10	100	20
	3			CE			
	4			T2-3			
	5			T2-5			
	6			T2-6	7		
		OTRAS COMBINACIONES					
PROYECTO DE CARRETERA		VARIABLE		Variable		VARIABLE	
PROYECTO DE VEHICULO		VARIABLE		Variable		VARIABLE	
PROYECTO DE BARRERA		VARIABLE		Variable		VARIABLE	
PROYECTO DE PASADIZO		VARIABLE		Variable		VARIABLE	
PROYECTO DE OTRAS		VARIABLE		Variable		VARIABLE	

Tabla No 1





## 1.4 Velocidad.

De conformidad con Mier (1987), el factor importante para proyectar un camino es la velocidad ya que, de su utilidad y correcto funcionamiento son juzgados por el corto tiempo y grado de seguridad con las que tanto público en general así como todo tipo de mercancías transitan en el.

También se diferencian cuatro tipos de velocidad las cuales se mencionan a continuación:

**Velocidad de proyecto:** es la velocidad máxima que se logra mantener ofreciendo seguridad en todo el trayecto de un camino y que se rigen por las características del proyecto del mismo.

“La elección de la velocidad de proyecto esta influenciada principalmente por la topografía de la región, por el tipo de camino, por los volúmenes de tránsito y por el uso de la tierra” (Mier; 1987, 39).

Para un camino en tipo de terreno tanto plano como lomerío suave, se logra justificar una velocidad mayor a la de un terreno de tipo montañoso. Se supone que se puede adecuar la velocidad de proyecto para las necesidades y deseos así como los hábitos de circulación de la mayor parte de los conductores así lo contempla Mier (1987).

Como recomendación que hace la Secretaría de Obras Públicas para la velocidad de proyecto es la que se encuentra entre 30 y 110 KPH con incrementos de 10 KPH.

**Velocidad de operación:** es la velocidad real con que los vehículos transitan sobre un camino y es un índice del grado de eficiencia que la carretera proporciona al usuario, además se define como la velocidad sostenida a lo largo de un tramo mientras el vehículo se encuentra en movimiento.

La velocidad de operación se observa afectada por el volumen de tránsito que circula por el camino; a menor volumen de vehículos la velocidad de operación se acerca a la de proyecto caso contrario si este aumenta la velocidad disminuye ya que no es posible circular al tener interrupciones de otros vehículos.

**Velocidad de punto:** es la que un vehículo lleva cuando éste pasa por un punto dado a lo largo de un camino.

**Velocidad efectiva global:** se entiende como un promedio de la velocidad que un vehículo mantiene a lo largo de un camino. Esta distancia es la obtenida por la división de la longitud del trayecto y el tiempo que se requirió para este, incluyendo, altos y demoras ocasionadas por características que predominan en el camino.

## **1.5 Volumen de tránsito.**

Según Crespo (2007), se entiende por volumen de tránsito a cierta cantidad de vehículos que circulan por un camino en un periodo determinado y en el mismo sentido, la forma de medir el tránsito es usando las unidades de vehículos por día o por hora.

“Se llama Tránsito Promedio Diario (TPD) al promedio de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto periodo” (Crespo; 2007:10).

Normalmente el periodo utilizado es de un año, además el TDP es usado para estudios económicos, ya que representa la utilización de la vía que sirve para llevar a cabo la asignación de recursos, mas sin embargo no es utilizado para considerar que a partir de este se puedan determinar las características geométricas de un camino, ya que no indica las variantes de tránsito que se pudieran presentar en horas, días y meses del año.

Los volúmenes horarios son los que resultan de dividir el numero de vehículos que pasan por un determinado punto en un periodo, entre el valor de ese periodo en horas. Estos volúmenes son los más empleados para proyectos geométricos.

Para el volumen de tránsito se tienen además algunos métodos de conteo, los cuales según Mier (1987), son:

- **Conteo Manual:** Este tipo de conteo se considera que es de tipo imperfecto ya se presentan variaciones del tránsito en las diversas estaciones con los meses del año y además, con algún tipo de obra que puede considerarse de importancia.
- **Conteo Mecánico:** El conteo de los vehículos se lleva a cabo automáticamente mediante dispositivos tales como, contadores neumáticos, contadores electromagnéticos y los contadores de presión-contacto.
- **Estudios de origen y destino:** Este tipo de estudio es considerado como el más completo para el conteo de vehículos. Existen además cuatro maneras de llevar a cabo dicho estudio, dentro de las cuales tenemos la entrevista directa al conductor, por medio de cuestionarios entregados al usuario en una estación y entregado en la próxima, por entrevistas con muestreos estadísticos y observando las placas vehiculares en distintos puntos.

### **1.6 Densidad de tránsito.**

La densidad es el número de vehículos que se ubican en una cierta distancia de un camino en un periodo determinado, según lo cita Mier (1987), además dice, que si un camino se halla congestionado al volumen puede llegar a ser igual a cero en tanto que la densidad es muy alta.

## **1.7 Derecho de vía.**

“Se conoce como Derecho de vía a la faja de terreno dentro de la cual se alojan una vía de comunicación y sus servicios auxiliares y cuya anchura mínima absoluta es de 25 m a cada lado del eje de la vía; ancho que puede ampliarse bien por las previsiones que determine el proyecto para fines inmediatos y futuros” (Crespo; 2007:41).

En empatía con Mier (1987), en la República Mexicana, los procedimientos para adquirir el derecho de vía queda definido por “la Ley de Vías Generales de Comunicación”.

Las vías federales de comunicación son los caminos y puentes, los primeros serían cuando enlacen con un país extranjero, comuniquen a dos o más entidades federativas y cuando en gran parte si no es en su totalidad sean construidas por la federación; y los segundos serían los construidos sobre líneas divisorias internacionales, los que se construyen sobre las vías generales de comunicación.

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

Según Crespo (2007), la capacidad considerada practica del trabajo de un camino es el volumen máximo que llega a alcanzar antes de que se produzca congestión o antes de perder la velocidad considerada según se halla estipulado en el diseño.

Para Mier (1987), el nivel de servicio de un camino es el que determina las condiciones de operación que un conductor experimenta durante un viaje, el nivel de servicio tiene variación principalmente con el volumen de tránsito.

Además la capacidad máxima que presenta un camino es el número máximo de vehículos que logran transitar por el bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino en un periodo determinado por un tiempo dado.

Se debe tener en cuenta que, los alineamientos tanto horizontal, vertical así como el número y ancho de carril, son condiciones que deben prevalecer en un camino y no se pueden cambiar a menos que se lleve a cabo una reconstrucción del mismo, todo lo contrario con las condiciones de tránsito que si se pueden cambiar en distintos periodos de tiempo en el transcurso del día.

Se considera al nivel de servicio como una medida cualitativa del resultado de distintos factores como: la velocidad, las interrupciones del tránsito, la seguridad, la comodidad y libertad de manejo, los costos de operación entre otros, que determinan

las condiciones de operación diferentes que se presentan cuando hay variación en el volumen de tránsito.

Se menciona que el volumen de servicio es el correspondiente a un determinado nivel de servicio y que el volumen de servicio máximo es igual a la capacidad del camino.

En la mayoría de los caminos existen variaciones en el tránsito que están afectadas con las funciones socioeconómicas de este. Además en todas las épocas del año existen fluctuaciones debido a, las vacaciones, centros turísticos, los fines de semana, durante semana tanto en las mañanas como en las tardes.

Existen varias condiciones que llegan a afectar la capacidad de los caminos y según lo citado por Crespo (2007), son: el ancho de sección, visibilidad, pendiente, ancho de los acotamientos (hombros), porcentaje de vehículos pesados en la vía y la obstrucción lateral.

### **1.9 Distancia de visibilidad.**

Ofrecer visibilidad dentro de una carretera es de gran importancia llevar a cabo, ya que, por lo general los caminos están contruidos para velocidades muy por debajo a la que corren los vehículos de reciente modelo y que por ende puedan ser los caminos peligrosos, así lo cita Crespo (2007).



Crespo (2007), menciona que es muy indispensable que en las carreteras siempre exista la distancia de visibilidad tanto en planta como en perfil y que sea adecuada para que el conductor tenga visibilidad hacia delante de él en una distancia que le permita con seguridad tomar una decisión oportuna.

Todo automovilista precisa de dos distancias de visibilidad, la que requiere para pasar y la necesaria para parar.

La distancia para parar un vehículo ante un objeto que aparece de repente en un camino esta compuesta por los siguientes factores: la distancia que recorre el vehículo desde el instante en que el conductor observa el obstáculo hasta que aplica los frenos, y la distancia de frenado debidamente dicho.

La distancia requerida de la visibilidad de pasar, se refiere a la distancia necesaria para que un vehículo en marcha pueda pasar a uno o más que circulan por el mismo carril a una velocidad menor, sin el riesgo de colisionar con los carros que vengan en sentido contrario por el carril que en un lapso de tiempo requerirá la maniobra, Ver la figura 3a

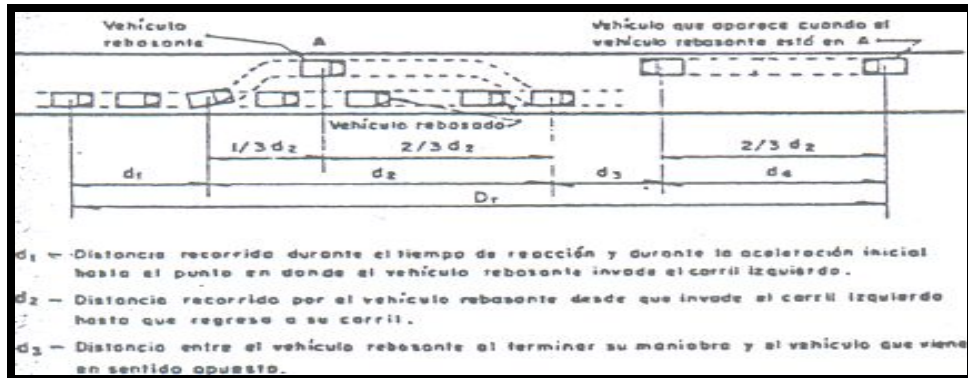


Figura 3a.

Mier (1987), cita que la velocidad de rebase es lo que resulta de multiplicar 4.5 por  $V$ , en donde  $V$  es la velocidad de proyecto y que este es igual a la distancia de visibilidad de rebase según La Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

### 1.10 Mecánica de suelos.

Es importante mencionar que la mecánica de suelos dentro de la ingeniería y en particular, en la construcción de vías terrestres es de gran importancia ya que gracias a las pruebas que se realizan a los distintos materiales se puede determinar la mejor opción para ser aplicados en las obras que así lo requieran.

“La Mecánica de Suelos, es la rama de la Ingeniería Civil que estudia la aplicación de las leyes de la Mecánica e Hidráulica a los problemas de ingeniería que trata con sedimentos y otras acumulaciones no consideradas de partículas solidas,

producidas por la desintegración mecánica o descomposición química de las rocas, independientemente de que tengan contenido de materia orgánica” (Arias; 1984:1).

Dentro de las propiedades de los suelos se pueden encontrar la compresibilidad, la resistencia al corte y la permeabilidad que según lo cita Arias (1984), estas propiedades pueden afectar en un grado menor o mayor a las obras civiles, se puede decir que, la compresibilidad está relacionada a la deformación que un material sufre al aplicarle una carga o al verse disminuido su volumen así como la resistencia al corte que se puede medir por el esfuerzo cortante máximo que puede soportar el material, y la permeabilidad que indica el flujo del agua a través de un suelo según su gradiente hidráulico.

Entonces se puede decir que, se entiende como suelo al material formado por partículas minerales producidas por la descomposición de las rocas y vacíos los cuales pueden o no estar ocupados por agua.

Arias (1984), menciona que existen dos tipos de suelo, los residuales y los transportados siendo los primeros los que permanecen en el sitio donde fueron formados y por lo general son aptos para la edificación, y los transportados que son constituidos por alteración de las rocas que son removidas y depositadas en otro lugar distinto al de su origen.

A la estructura de un suelo se le conoce por la ubicación, arreglo y orientación y estos pueden ser gruesos o finos cuyo tamaño se puede distinguir a continuación:

<b>Nombre</b>	<b>Límites de tamaño</b>	<b>Ejemplo</b>
Boleo	12" o mayores	Mayor a una pelota de baloncesto
Canto rodado	De 3" a 12"	Toronja
Grava gruesa	De 3/4" a 3"	Limón o naranja
Grava fina	Malla No 4 a 3"	Chícharo o uva
Arena Gruesa	Malla No 10 a No 4	Sal mineral
Arena mediana	Malla No 40 a No 10	Azúcar o sal de mesa
Arena fina	Malla No 200 a la No 40	Azúcar en polvo
Finos	Menor a la malla No 200	

Dentro de la mecánica de suelos se encuentra la granulometría que es la que estudia lo referente a las formas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que integran un suelo según lo menciona Arias (1984), y que por lo general son los estudios empleados para la construcción de una carretera.

Crespo (2007), expone que dentro de una planeación para una vía terrestre se debe considerar en la etapa de proyecto lo relacionado a un estudio de mecánica de suelos siendo estos los reconocimientos geológicos e hidrológicos con sondeos

preliminares sobre una o más rutas posibles determinando los problemas de materiales, estabilidad de cortes y terraplenes.

Arias (1984) menciona que es importante señalar que existen varios antecedentes de la necesidad dentro de la mecánica de suelos para crear un sistema de clasificación de suelos que norme un criterio respecto a sus cualidades y propiedades mecánicas, dentro de los cuales destacan los realizados por A. Casagrande que dieron origen al Sistema Único de clasificación de suelos (SUCS) , y que distingue los suelos finos de los gruesos de acuerdo a las partículas finas que pasan a través de la malla No 200 (0.074mm).

De esta manera se puede decir que un suelo es grueso, si más del 50% de sus partículas (en peso) son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas son finas.

Dentro de los suelos gruesos y finos el Sistema Único de Clasificación de Suelos presenta la siguiente tabla No 4 para clasificación de los mismos.



## **CAPÍTULO 2**

### **DRENAJE**

En el presente capítulo se darán a conocer aspectos importantes acerca de los drenajes, tales como, su descripción así como la importancia de estos, los factores por los que se pueden ver afectados y métodos para su medición, siendo estos últimos necesarios para un buen diseño una obra de drenaje.

#### **2.1 Antecedentes.**

Se entiende como drenaje al medio que de una forma u otra hace circular el agua ya sea de manera superficial sobre algún terreno o algún tipo de obra así también a las infiltraciones que dan lugar al drenaje del subsuelo mediante el cual se originan las corrientes subterráneas

Se tienen antecedentes de los romanos que desalojaban el agua de sus casas y edificios gracias a la pendiente propia del terreno, así mismo los desechos humanos eran vertidos al suelo en cercanía de la ciudad y alrededor de ella, además tenían desalojo en época de lluvia ya fuera hacia los ríos o hacia el mar.

## **2.2 Objetivo de las obras de drenaje.**

La importancia de las obras de drenaje se puede ver reflejada en el resultado de estas, siendo este el desalojo del agua que se presenta sobre algún terreno o también sobre una carretera.

Particularmente hablando del drenaje en los caminos, según Crespo (2007), se tiene en primer lugar que es necesario disminuir cualquier cantidad de agua que llega al camino y en segundo lugar es necesario desalojar lo mas pronto posible el agua que llegue al mismo.

Dentro de las características con las que debe contar el drenaje, está el hecho de que cuente con una circulación rápida del agua sobre el camino, evitando grandes acumulaciones de ésta, ya que de lo contrario se pueden producir daños, así mismo hay que evitar que haya una mala construcción de cunetas, malos cortes formados con material de deficiente calidad, ocasionando con ello la saturación de los mismos y reblandeciéndolos hasta algún daño.

“El prever un buen drenaje es uno de los factores mas importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanente y naturalmente drenados.” (Crespo; 2007, 140). El contar o no con un buen diseño en el sistema de



drenaje ha dado como resultado, tener caminos por un lado apropiados para la circulación y por otro la causa del daño que pueden sufrir.

## **2.3 Hidrología.**

### **2.3.1 Definición de hidrología.**

“La hidrología es la ciencia natural que trata sobre el agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre. La hidrología es de importancia en todos los problemas que involucran el aprovechamiento del agua”.

(Springall; 1980: 1)

### **2.3.2 Ciclo hidrológico.**

El ciclo hidrológico es un término descriptivo aplicable a la circulación general del agua, fig. 1. Este ciclo puede empezar con la evaporación de los océanos. El vapor resultante es transportado por las masas de los vientos alisios hacia los polos Norte y Sur en rumbos de latitudes y formas turbulentas a zonas frías o de baja presión en donde se precipita el aire en movimiento. En determinadas condiciones, el vapor se condensa formando nubes que, a su vez, pueden ocasionar precipitaciones. De la precipitación sobre el terreno, una parte es retenida por la superficie, otra escurre sobre ella y la resultante penetra en el suelo.

El agua retenida es devuelta a la atmósfera por evaporación y por la transpiración de las plantas. La parte que escurre sobre la superficie es conducida por arroyos y ríos hasta el océano; y algo se pierde por evaporación. El agua que se infiltra

satisface la humedad del suelo y abastece los depósitos subterráneos, de donde puede fluir hacia las corrientes de los ríos, o bien descargar en los océanos; la que queda detenida en la capa vegetal del suelo es regresada a la atmósfera por transpiración.

Esta descripción simplificada del ciclo hidrológico es de tipo cualitativo y en ella no se ha incluido el tiempo, por ejemplo, después de ocurrida una tormenta, el efecto inmediato en un río se deja sentir por el escurrimiento superficial, además de existir recarga del agua subterránea. Puede decirse también que no hay evaporación durante la tormenta, y que toda el agua de lluvia se deposita primeramente en la superficie. (Springall; 1980, 2)

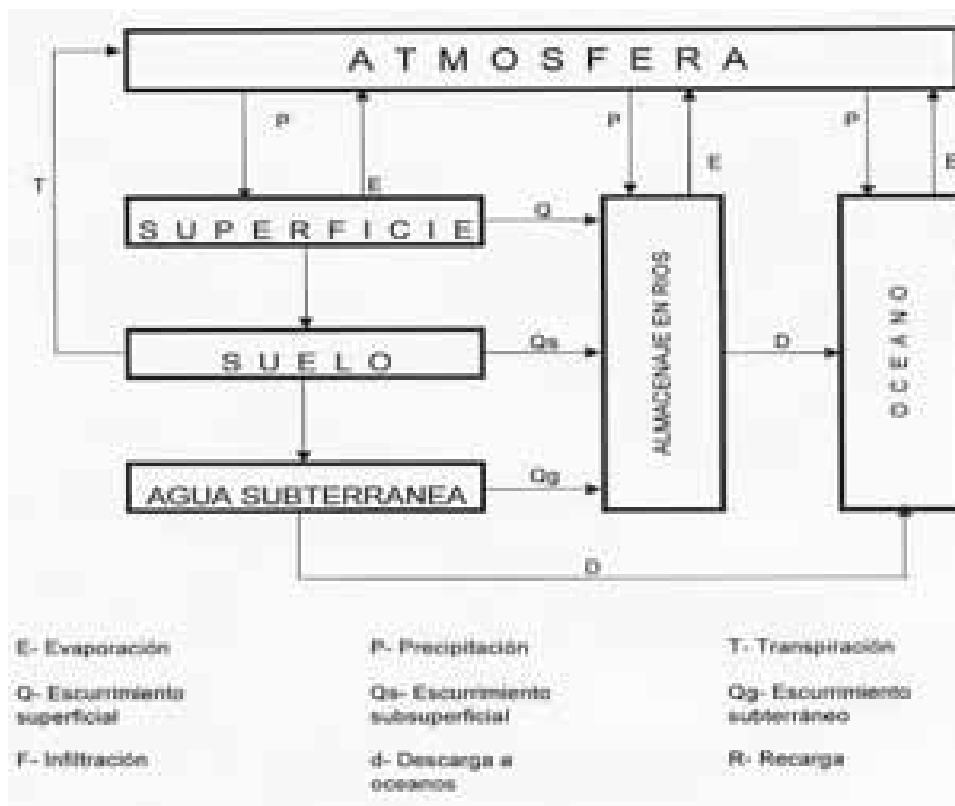


Fig.1 Ciclo hidrológico. Representación cualitativa.

### **2.3.3 Agua superficial.**

Las aguas superficiales se clasifican en: ríos, lagos y arroyos.

### **2.3.4 Agua subterránea.**

Las aguas subterráneas se clasifican en: Manantiales, artesianas y geysers.

### **2.3.5 Cuenca hidrológica.**

Primeramente es indispensable que llueva en una zona para que pueda existir presencia de agua ya sea sobre la superficie o en el subsuelo, si es en el subsuelo es necesario que este tenga buena porosidad y permeabilidad ya que si tiene buena o poca permeabilidad si no hay precipitación en la zona, no habrá acumulación y circulación de agua subterránea, para nuestro caso analizaremos la que se encuentra sobre la superficie y que necesita ser desalojada del camino en estudio.

“El área de una cuenca es el área de proyección horizontal encerrada por el parteaguas. Generalmente esta área se determina con un planímetro y se expresa en kilómetros cuadrados.” (Springall; 1980, 10). Además es la superficie horizontal en

donde se capta el agua de precipitación del ciclo y que mediante los taludes inclinados hacia dentro, vierten las corrientes superficiales e internas hacia el punto más bajo al que se denomina concurrencia o confluencia.

Springall (1980) menciona que para determinar la pendiente de una cuenca se puede emplear el criterio de Alvord, el cual dice que se emplea la siguiente fórmula:

$$Sc=DL/A$$

Donde:

A= Área de la cuenca

D= Desnivel constante entre la curvas de nivel

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

Sc= Pendiente de la cuenca

## **2.4 Precipitación.**

### **2.4.1 Precipitación pluvial.**

Es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera. Para que se origine la precipitación es necesario que una parte de la atmósfera se enfríe hasta que el aire se sature con el vapor de agua, originándose la condensación del vapor atmosférico. El enfriamiento de la atmósfera se logra por la elevación del aire. De acuerdo con la condición que provoca dicha elevación, la precipitación puede ser por convección, orográfica y ciclónica.

## **2.4.2 Tipos de precipitación.**

### **Precipitación por convección.**

Es la más común en los trópicos. Se origina por el levantamiento de masas de aire más ligero y cálido al encontrarse a su alrededor con masas de aire densas y frías, o por el desigual calentamiento de la superficie terrestre y la masa de aire. Al irse elevando dichas masas de aire, se expanden y se enfrían dinámicamente, originando la condensación y la precipitación.

### **Precipitación orográfica.**

La precipitación debida al levantamiento del aire producido por las barreras montañosas se denomina orográfica. No es muy claro si el efecto de las montañas ejerce una acción directa de sustentación o si induce a turbulencias y corrientes de convección secundarias, pero en cualquier caso ocurre un desplazamiento vertical de la masa de aire, produciéndose un enfriamiento de esta, condensación y precipitación.

## Precipitación ciclónica.

La precipitación ciclónica está asociada al paso de ciclones y está ligada con los planos de contacto (superficies frontales) entre masa de aire de diferentes temperaturas y contenidos de humedad. Esta precipitación puede ser frontal y puede ocurrir donde exista una depresión barométrica. El levantamiento del aire se origina por convergencia horizontal de la entrada de la masa de aire en un área de baja presión.

La precipitación frontal es originada por el levantamiento del aire caliente sobre el frío. Este levantamiento puede ocurrir cuando el aire caliente se mueve sobre el frío, o cuando el aire frío se mueve sobre el caliente, si ocurre lo primero se dice que se tiene un frente caliente y si ocurre lo segundo, un frente frío. La precipitación producida por un frente caliente se distribuye sobre un área bastante grande y es ligera y continua. La precipitación originada por un frente frío es intensa y de corta duración; generalmente se distribuye cerca de la superficie frontal. En la Fig. No. 2, Se muestra una idealización de un ciclón extratropical en sección vertical; en el corte BB' se indican del lado izquierdo la forma como el aire frío desplaza al caliente, originándose un frente frío, y en el lado derecho se muestra cómo el aire caliente, al avanzar sobre el frío, es levantado, formándose un frente caliente. (Springall; 1980, 41-43)

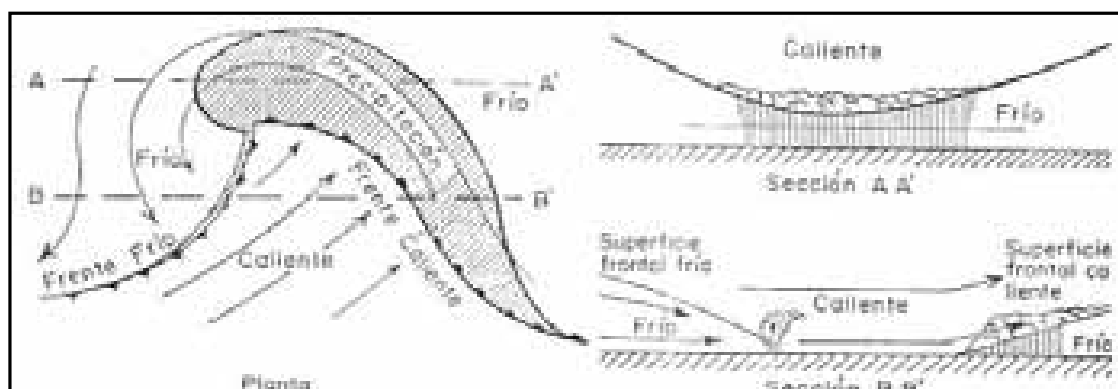


Fig. No. 2 Idealización de un ciclón extra tropical.  
**2.5 Esgurrimiento.**

Según Springall (1980) El 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 en ellas, se considera el escurrimiento como superficial, subsuperficial o subterráneo.

**El superficial.** Es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que ocurre sobre la superficie del suelo y la red de drenaje hasta salir de la cuenca. Se puede decir que su efecto sobre el escurrimiento total es directo y solo existirá una tormenta e inmediatamente después de que esta cese. La parte de la precipitación que contribuye al escurrimiento se denomina precipitación en exceso y esta supeditada a la pendiente y la permeabilidad.

**El subsuperficial.** Se debe a la precipitación infiltrada del suelo, pero que se mueve lateralmente sobre el horizonte superior del mismo. Esto puede ocurrir cuando exista un estrato impermeable paralelo a la superficie del suelo; su efecto puede ser inmediato o retardado, dependiendo de las características del suelo. En general, si es

inmediato se le da el mismo tratamiento que al escurrimiento superficial; en caso contrario, se le considera como escurrimiento subterráneo.

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

Para analizar el escurrimiento total, puede considerársele compuesto por los escurrimientos directo y base. Este último proviene del agua subterránea, y el directo es el originado por el escurrimiento superficial. En la fig. No 3, se muestra el ciclo de escurrimiento, indicando las diferentes fases entre la precipitación y el escurrimiento totales.



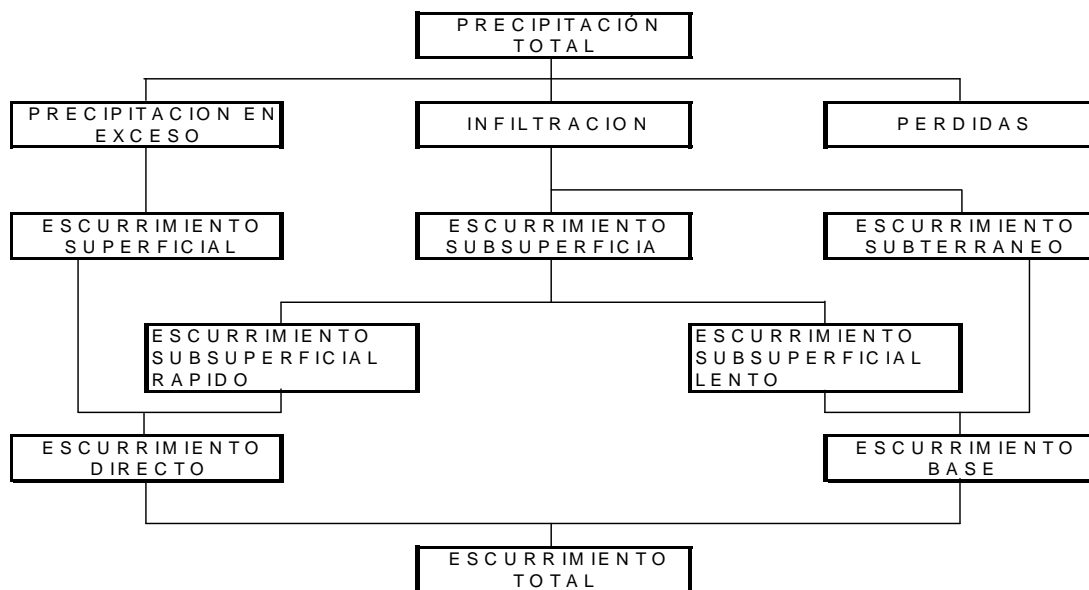


Fig. No 3. Relación entre la precipitación y el escurrimiento total

## 2.6 Infiltración.

En empatía con Springall (1980) La infiltración 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 suficiencia de humedad del suelo y, después, cualquier exceso pasa a formar parte del agua subterránea.

La cantidad máxima que puede absorber un suelo en determinadas condiciones se llama capacidad de infiltración. Durante una tormenta solo se satisface la capacidad de saturación mientras ocurre la lluvia en exceso. Antes o

después de la lluvia en exceso, la capacidad de infiltración está ligada a la intensidad de lluvia.

Existen factores que afectan la capacidad de infiltración ya que esta puede considerarse como una secuencia de tres pasos: entrada en la superficie, transmisión a través del suelo y agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo. Además de estos factores, se deben tener en cuenta el medio permeable y el flujo.

### **Entrada a la superficie.**

La superficie del suelo puede obstruirse por el lavado de finos y el impacto de gotas de agua, lo cual evita o retarda la entrada del agua dentro del suelo; por este hecho, un suelo con una buena red de drenaje puede tener baja capacidad de infiltración. La vegetación tiene una influencia importante en este aspecto.

### **Transmisión a través del suelo.**

La rapidez con que el agua penetra en un suelo depende de su capacidad de transmisión, la cual varía para los diferentes horizontes del perfil del suelo; una vez que este se ha saturado, la capacidad de infiltración está limitada por la menor transmisión del agua infiltrada que tenga el suelo.

Si la entrada del agua en la superficie del suelo es menor que la transmisión más baja de cualquier horizonte del suelo, la infiltración quedará supeditada.

### **Agotamiento de la capacidad de almacenaje del suelo.**

El almacenaje disponible en cualquier horizonte depende de su porosidad, espesor y contenido de humedad. La naturaleza y magnitud de la porosidad del horizonte depende de su textura, estructura, contenido de materia orgánica, penetración de las raíces y muchos otros factores.

La infiltración que ocurre en el inicio de la tormenta está controlada por el volumen, tamaño y continuidad de los poros capilares, ya que proporcionan fáciles trayectorias para el movimiento del agua. La capacidad de almacenaje afecta directamente a la cantidad de infiltración durante la tormenta. Cuando esta última cantidad está controlada por la transmisión a través de los estratos del suelo, esta irá disminuyendo conforme se agote el almacenaje de los estratos superiores al estrato que tiene la menor transmisión.

### **2.7 Avenida de diseño.**

La avenida de diseño, es la avenida necesaria mediante la cual se debe hacer el cálculo para una obra de drenaje o hidráulica, menciona Chávez (2008) al citar a Mijares (1989), por ello la importancia de conocer la avenida máxima que llega al sitio

donde será construida la obra requerida y así poder realizar un diseño adecuado mediante las necesidades del lugar y bajo un criterio del proyectista.

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

Dentro de los métodos empíricos existentes se tiene el de Creager y probabilístico de Gumbel.

#### **Método de Gumbel.**

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

Donde:

$Q_d$  = Gasto de diseño en  $m^3/\text{seg}$ .

$Q_m$  = 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 más grande, 2 al siguiente, etc.)

Pasos a seguir del método:

1º. paso: se ordena una lista de los eventos de mayor a menor gasto.

2º. paso: se procede a determinar Tr.

3º. paso: se grafica Qmax contra Tr.

4º. paso:  $Q = (\sum_1^n Q_i) / n$

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

6º. de la tabla encontrar  $\sigma_n$ ,  $Y_n$ .

7º. paso: sustituir valores en la fórmula para encontrar Qd.

### **2.7.2 Tránsito de avenidas.**

El tránsito de avenidas es el comportamiento de una crecida en su trayecto por el río (cause); así como la forma en que se propaga la onda en un almacenamiento (embalse o vaso).

## **2.8 Drenaje en los caminos.**

### **2.8.1 Importancia del drenaje.**

“El objeto del drenaje en los caminos, es en primer termino, el reducir al máximo posible la cantidad de agua que de una forma u otra forma llega al mismo, y

en segundo termino dar salida rápida al agua que llegue al camino” (Crespo; 140, 2007).

Siempre es importante que un camino tenga buen desalojo de agua y eso se logra evitando grandes cantidades de agua por el mismo, lo que evitara la formación de baches, según lo menciona (Crespo, 2007), de igual manera el agua que circula por el camino necesita un desalojo por medio de las cunetas ya que de lo contrario se acumularía provocando que se reblandezca las terracerías provocando perdida de estabilidad con posibles asentamientos.

En todo camino debe evitarse emplear materiales de mala calidad ya que son los que tienen mayor probabilidad de causarle daño al mismo por reblandecimiento, para ello es muy indispensable desplantar caminos sobre suelos estables y bien drenados. Se sabe también que la causa principal de los caminos con el paso del tiempo ha sido un diseño de drenaje inadecuado, por lo que es necesario dar mayor importancia a este aspecto. Una buena planeación y ejecución de un camino dará como resultado mayor vida útil al mismo y a los usuarios.

## **2.9 Drenaje superficial.**

### **2.9.1 Definición de drenaje superficial.**

Para Crespo (2007), el drenaje superficial, tiene como propósito reducir al mínimo el agua del camino así como la captación de la misma, además de darle salida rápida del camino, por lo que las obras necesarias son de captación y defensa, las cuales serian, cunetas, contra-cunetas, bombeo, además de lavaderos entre otros.

### **2.9.2 Cunetas.**

Para captar el agua del camino hacia ambos lados, dice Crespo (2007), se construyen cunetas del tipo zanja con la finalidad de conducir el agua pluvial de la mitad del camino o de todo en curvas. Las cunetas por lo general se proyectan para aguaceros con una duración de 10 a 20 minutos, por lo que se considera suficiente proyectar a cada cuenta con el 80 % de la lluvia que cae al centro del camino, el diseño de las cunetas es basado en los principios de canales abiertos.

Cuando se tiene un flujo uniforme las relaciones básicas son las indicadas en la ya conocida formula de Manning, la cual es:

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

En donde se tiene que:

V = Velocidad promedio en metros por segundo.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

R = Radio hidráulico en metros (área de la sección transversal del perímetro mojado)

S = Pendiente del canal en metros por metro.

De la formula de Manning se tienen los siguientes valores para diferentes materiales.

<b>Tipo de material</b>	<b>Valores de n</b>
Tierra común, nivelada y aislada	0.02
Roca lisa uniforme	0.03
Roca con salientes sinuosos	0.04
Lechos pedregosos y bordos enhierbados	0.03
Plantilla de tierra, taludes ásperos	0.03

Se tiene además que:

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q = Descarga en metros cúbicos por segundo

A = Área de la sección transversal del flujo en metros cuadrados.

Por lo tanto, para determinar en área hidráulica tenemos lo siguiente:



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

La finalidad de las cunetas es que sean de fácil construcción y que se puedan conservar. De forma común el ingeniero determina el tipo de cuneta en base a criterios tales como: la topografía del lugar, el clima y la geología por mencionar algunos, siendo la comparación con la construcción de cunetas similares la que llega a ser el tipo final de cuneta a emplear en el camino.

El tipo de sección de una cuneta puede ser del tipo trapecial o del tipo V, mas sin embargo existe una cuneta que se le ha dado el nombre de cuneta tipo, y que tiene un talud interior de 3:1 (del lado del camino) y 1.5:1 del lado exterior del camino.

Para que la velocidad del agua en las cunetas no dañe a las mismas esta debe mantenerse mediante los siguientes valores:

<b>Material</b>	<b>Velocidad en m/s</b>
Arena fina	0.45
Arena media	0.60
Arena gruesa	0.90
Grava fina	1.50
Grava media	2.00
Grava gruesa	3.50
Arcilla arenosa	0.50

Arcilla firme	1.25
Arcilla común	0.85
Tepetate	2.00
Zampeado	4.00
Concreto	7.00

La tabla anterior indica si es necesario proteger a una cuneta por medio de zampeado o de alguna otra manera que se proponga conveniente.

Crespo (2007), cita que cuando el tirante de agua dentro de la cuneta es de 10 a 15 cm. el zampear no es necesario si tiene una pendiente menor a 7%, de lo contrario si el tirante es mayor a 15 cm. si requiere de zampeado en pendientes mayores a 3% en caso de ser suelo arenoso o arcilloso y para una pendiente mayor a 5% si el suelo es grava firme.

Lo anterior indica que para que una cuneta funcione correctamente esta no deberá de exceder de una longitud de 60 m ya que entre más larga llevará más agua y resultara antieconómica.

### **2.9.3 Contra cunetas.**

Como ya es sabido, la construcción de cunetas es para desalojar el agua del camino por medio del bombeo, por lo tanto menciona Crespo (2007), además de

estos elementos también se construyen las contracunetas en lugares donde se considera necesario, y estas evitan que llegue mas agua a las cunetas según el diseño del que fueron proyectadas. La principal causa por la que se construyen contracunetas en un camino es para evitar que el agua llegue en mayor cantidad a las cunetas, también es necesario estudiar el entorno geológico del lugar ya que en ocasiones resulta contraproducente si no se tiene este cuidado.

#### **2.9.4 Bombeo.**

El drenar el agua hacia los lados de un camino, mediante una pendiente necesaria, es para evitar acumulación del agua en el camino y evitar encharcamientos al centro del mismo que pudieran entorpecer la circulación de los vehículos, así como también un mal aspecto del mismo. En nuestro país, tenemos una bombeo del 2% para caminos asfaltados y 1.5% a caminos de concreto hidráulico.

#### **2.9.5 Lavadero o vertedero.**

El desfogue de una corriente puede hacerse por medio de un lavadero o un vertedor, que son obras que protegen a los taludes de los caminos y encausan el agua hacia donde no pueda causar algún daño al camino, estas obras no son mas que arropes de los taludes en forma de delantal y que se construyen a base de mampostería de concreto o piedra perfectamente acomodada.

## **2.10 Drenaje subterráneo.**

### **2.10.1 Definición de drenaje subterráneo.**

El drenaje subterráneo proporciona ductos de drenaje adecuados para controlar el escurrimiento de esa agua rápidamente, esto debido a las capas por las que esta formada que pueden ser canales bien definidos o vasos de almacenamiento de agua subterránea, algo similar a lo que sucede con el drenaje superficial, según lo menciona Crespo (2007).

El drenaje subterráneo o subdrenaje como también se le conoce, tiene la misma importancia que el drenaje superficial, por lo tanto debe dársele la misma importancia a la hora de proyectarlo, ya que existen lugares en los que el agua subterránea si no es bien drenada ocasionara daños al camino.

## **2.11 Alcantarilla.**

### **2.11.1 Definición de alcantarillas.**

Obras de cruce, llamadas también de drenaje transversal, tienen por objeto dar paso rápido al agua que al no poder ser desviada en distinta forma deba cruzar el camino de un lado a otro, dentro de estas obras se comprende a los puentes y las alcantarillas. Una alcantarilla consta de dos elementos que son: el cañón y los muros de cabeza.

El cañón es el que da forma al canal de la alcantarilla siendo parte principal de la estructura y los muros sirven para impedir la erosión alrededor del cañón además de guiar la corriente, para así evitar que el material que esta conteniendo el muro, en este caso el terraplén invada el canal.

Para la localización de las alcantarillas es recomendable no forzar el cruce para hacerlo normal cuando de forma natural se presenta un esviaje, y es recomendable no reducir el numero de alcantarillas concentrándose en una sola varios talwegs, al contrario es mejor colocar las necesarias para un correcto funcionamiento.

Es recomendable que cuando el esviaje de una corriente sea igual o menor a 5 grados se sugiere realizar la estructura perpendicular al camino suprimiendo el esviaje y rectificar ligeramente el cause, y cuando sea mayor a 5 grados es recomendable alinear la alcantarilla en la dirección del arroyo aunque resulte mas larga la obra. Siempre que existen fuertes aguaceros se producen deslaves en los lugares de máxima velocidad y azolves en los de mínima.

### **2.11.2 Tipos de alcantarillas.**

Cita crespó (2007), que al elegir cual es el mejor tipo de alcantarilla depende de factores tales como, el tipo de suelo que recibirá la cimentación, de las

dimensiones que tiene, así como los requisitos que dependen de la topografía. Existen alcantarillas que dependen de su forma y material y estas son clasificadas en: alcantarillas de tubo, de cajón, de bóveda y de losa.

Para el tipo de cimentación, si el suelo es firme y seco cualquier tipo de alcantarilla resulta satisfactoria, mientras que en suelos húmedos el de cajón tal vez sea el más adecuado debido a que las cargas que se transmite en ellos es vertical y bien definida, en caso de usar tubos deben de colocarse sobre una cama de un material que sea mas resistente al terreno. En lugares donde se tiene lodo o arenas movedizas el tipo de tubo ideal es de lámina acanalada o el tipo de cajón con gran área de sustentación y que no tengan tramos unidos entre si preferentemente.

“La longitud de las alcantarillas depende del ancho de la corona del camino, de la altura del terraplén, del talud del mismo y del ángulo de esviaje” (Crespo; 159, 2007).

Para determinar el área hidráulica de una alcantarilla es necesario saber que el calculo es similar al de los puentes ya que se requiere que se de paso al caudal máximo para cada uno, y realizarlo de tal forma que no dañe el camino. A continuación se citan los cinco procedimientos que se consideran para proyectar el área hidráulica de las alcantarillas los cuales son:

1. Procedimiento por comparación.

2. Procedimiento empírico.
3. Procedimiento de sección y pendiente.
4. Procedimiento de la precipitación pluvial.
5. Procedimiento racional.

El procedimiento por comparación, es aplicado para construir una alcantarilla nueva cerca de un lugar donde existía otra, también se consideran las huellas altas encontradas en alcantarillas existentes, así como versiones de pobladores del lugar, mencionando cual a sido el nivel mas alto del agua en un periodo no mayor a 10 años.

El procedimiento empírico, se usa cuando no se tienen datos de ningún tipo de alcantarilla en el lugar, ni gastos máximos, ni datos de precipitación pluvial. El método empírico se generaliza aplicando formulas empíricas para calcular el área hidráulica en función del área drenada y características topográficas de la cuenca por drenar.

Para encontrar el área hidráulica de una alcantarilla se utilizan las fórmulas de A.N. Talbot.

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

a= Área hidráulica, en metros cuadrados, que deberá tener la alcantarillas.

A= Superficie a drenar en hectáreas.

C= Coeficiente que vale:

1.0 para terrenos montañosos y escarpados.

0.80 para terrenos con mucho lomerío.

0.60 para terrenos con lomerío.

0.50 para terrenos muy ondulados.

0.40 para terrenos poco ondulados.

0.30 para terrenos casi planos.

0.20 para terrenos planos.

En el procedimiento de precipitación pluvial se proyecta la alcantarilla para dar paso a cierta agua por el escurrimiento que pudiera presentarse mediante una lluvia, para determinar el gasto se deben aplicar las formulas necesarias teniendo como datos, la precipitación pluvial, la topografía y el tipo de suelo del lugar.

Para calcular el gasto máximo se utilizará la fórmula de Burkli-Ziegler, la cual se menciona a continuación:

$$Q= 0.022 \cdot C \cdot I \cdot A (S/A)^{1/4}$$

Donde:

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

A=numero de hectáreas tributarias.



J= Precipitación pluvial, en centímetros por hora, correspondiente al aguacero mas intenso (10 minutos).

S=pendiente del terreno, en metros por km.

El coeficiente C depende de la clase de terreno que forma la cuenca o área tributaria de la alcantarilla cuyos valores son:

0.75 para calles pavimentadas y distritos comerciales.

0.30 para poblaciones con parques y calles con pavimento asfáltico.

0.25 en terrenos de cultivo.

En el método racional se emplea una formula en la que se indica que el gasto es igual a un porcentaje de la precipitación pluvial multiplicada por el área tributaria la cual es:

$$Q= 27.52 C I A$$

Donde:

Q= gasto en litros por segundo.

C= coeficiente de escorrentía.

I= intensidad de la precipitación, correspondiente al tiempo de concentración, en centímetros por hora.

A= área a drenar en hectáreas.

La anterior formula se basa en ciertas hipótesis que se menciona a continuación.

La primera cita que, la proporción del escurrimiento que resulta de la lluvia, en cualquier intensidad es un máximo cuando la intensidad dura tanto tiempo como el de concentración.

La segunda menciona que, el máximo escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración es una fracción de esa precipitación.

La tercera expresa que, el coeficiente de escorrentía es el mismo para todas las lluvias que se da en una cuenca y además para lluvias que pueden presentar diversas frecuencias.

La cuarta dice que, la relación que existe entre máxima descarga y el tamaño del área a drenar es la misma a la relación que hay entre duración e intensidad de precipitación.

## **2.12 Puentes.**

### **2.12.1 Definición de puente.**

“El puente es una estructura de madera, piedra, ladrillo, concreto simple, concreto armado o fierro estructural que se utiliza para que una via de comunicación

pueda salvar un río, una depresión de terreno u otra vía de comunicación” (Crespo; 2007: 698).

Los puentes son estructuras que miden ggmás de seis metros de largo y que no llevan ningún tipo de colchón encima de ellos, además, su estructura se compone de, la superestructura, la subestructura así como la infraestructura.

La superestructura se forma de diferentes maneras como puede ser, de losa de concreto armado sobre fierro estructural, armaduras de fierro y colgantes entre otros, la subestructura por medio de pilas y estribos de mampostería o de concreto armado y la infraestructura por medio de pilotes o cilindros de fricción, etc.

## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN**

En el presente capítulo se abordará el tema acerca de las características principales de la zona en estudio, tales como su topografía, precipitación pluvial, así como su localización y demás elementos en donde se revisarán las obras de drenaje ubicadas en el tramo carretero en cuestión.

#### **3.1 Generalidades.**

El presente estudio tratará sobre las obras de drenaje que se encuentran localizadas en el tramo carretero Los Reyes – Chorros del Varal, del Km. 3+300 al 6+100, en el municipio de Los Reyes, Michoacán. Debido a la cercanía de aproximadamente 5 Km. hacia donde se encuentra ubicado dicho tramo, se optará por considerar las generalidades del Municipio antes citado.

Es necesario mencionar que la zona en cuestión es de altas precipitaciones, por ello es muy indispensable tener un desalojo adecuado del agua que llega al camino, ya que gracias a ello se beneficiará la población de la zona incluyendo a los productores de frutos, como la zarzamora, la caña entre otros, además de contar con un buen servicio de comunicación para los habitantes del lugar y turistas provenientes de diferentes destinos.

### **3.2 Resumen ejecutivo.**

Es indispensable mencionar que dentro de los trabajos que fueron necesarios realizar se encuentran el levantamiento de datos requeridos, tales como el estado actual de las obras de drenaje para poder determinar si, su eficiencia es la óptima en base a una inspección física de acuerdo a su efectividad de desalojo, así como, proponer nuevas obras en caso de ser necesario, ello debido a que el tipo de vegetación y suelo en la zona, puede dañar a estas por fuertes lluvias o falta de mantenimiento, además, se puede determinar la influencia que estos tienen en el buen funcionamiento de las obras de drenaje del tramo carretero, también se revisó si el bombeo en el camino cumple con los requerimientos mínimos de desalojo del 2% y la sobre elevación en curvas. Es importante mencionar que el tipo de vehículos que transita por este lugar en su mayoría es de tipo agrícola, es por ello que por la seguridad de los mismos es de suma importancia un buen camino libre de agua.

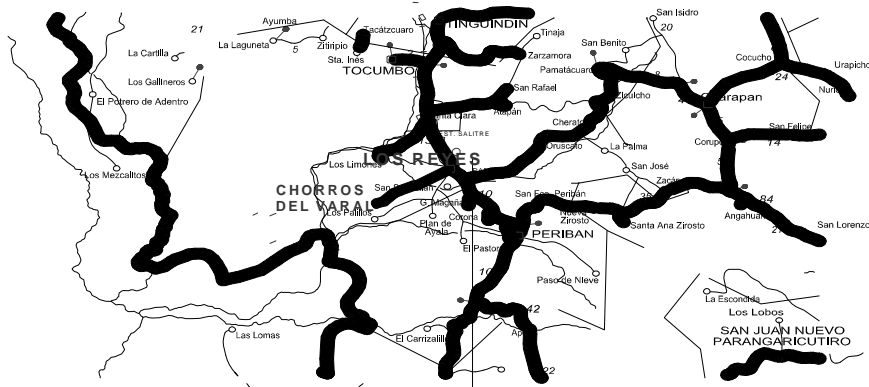
Dentro de las modificaciones que se pueden considerar necesarias en dicho tramo, estas serán propuestas una vez realizados los cálculos requeridos, y así poder determinar, si las obras, tales como, alcantarillas, cunetas, canales, lavaderos, etc., cumplen con los requerimientos necesarios para su función. Las propuestas que se realicen serán previamente analizadas y diseñadas con programas de apoyo (software), tales como, el autocad, civilcad, excel.

### 3.3 Entorno geográfico.

Los Reyes de Salgado de Michoacán, se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°35' de latitud norte y 102°28' de longitud oeste, a una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tingüindín, al este con Charapan y Uruapan, al sur con Peribán y el Estado de Jalisco, y al oeste con Tocumbo. Su distancia a la capital del Estado es de 220 Kms., su extensión territorial es de 480.09 Km<sup>2</sup> y representa un 0.81 por ciento del total del Estado.



Macro localización



### Micro localización

Dentro de la zona de estudio existen características del lugar que a continuación se mencionan.

#### 3.3.1 Orografía

Su relieve lo constituye el sistema volcánico Transversal.

#### 3.3.2 Hidrografía

Su Hidrografía se constituye por los ríos: Los Reyes, San Antonio y Cuirio; y los arroyos La Tinaja y Tziririo.

#### 3.3.3 Clima

Su clima es templado y en algunas partes tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 900 milímetros y temperaturas que oscilan de 15.6 a 31.6 ° centígrados.

### **3.3.4 Principales ecosistemas**

En el Municipio dominan los bosques como el tropical deciduo con parota, guaje, cascalote y cirrián y el bosque mixto, con pino, encino y aile. La fauna se constituye por conejo, liebre, armadillo, tlacuache, coyote, tuza, zorrillo, mapache y pato.

### **3.3.5 Recursos naturales**

Los suelos del Municipio datan de los períodos cenozoico, terciario inferior y mioceno; corresponden principalmente a los del tipo chernozem y chesnut. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

### **3.3.6 Actividad económica.**

#### **3.3.6.1 Agricultura.**

Representa su principal actividad económica. Los principales cultivos son maíz, caña de azúcar y fresa.

#### **3.3.6.2 Ganadería.**

Es la tercera actividad económica en importancia. Se cría ganado bovino, caprino, lanar y caballar. Estos dos sectores representan casi el 33% de su actividad económica.



### **3.3.6.3 Industria.**

En el municipio la Industria Azucarera representa el 19% de la actividad económica

### **3.3.6.4 Turismo.**

Cuenta con un atractivo natural conocido como “Los Chorros del Varal”, consta de cinco vistosas caídas de agua del río Iturria que se precipitan al río Apupataro de una altura aproximada de 50 Mts. El acceso es a través de 800 escalones de piedra que llegan a un puente colgante de 20 Mts. de largo cruzando el río. Representa el 3% de su actividad económica.

### **3.3.6.5 Comercio.**

La cabecera municipal es un centro de acopio de artesanías de la región. Cuenta con mueblerías, tiendas de autoservicio, calzado, ferreterías, papelerías, materiales para construcción, etc. Representando el 13% de su actividad económica

## **3.4 Informe fotográfico.**

Dentro del presente informe fotográfico se mostrará con imágenes las condiciones actuales de las obras de drenaje así como mencionar el tipo de vegetación que hay en la zona, mencionando el estado actual del lugar, y citar las

principales causas que pudieran evitar que el sistema de drenaje trabaje según las necesidades que el camino requiere.

En la zona podemos citar que los principales cultivos son la caña y la zarzamora siendo este último el que tiene mayor demanda en el mercado, es por ello que también dentro de la zona y en particular en el camino es necesario utilizar vehículos de carga, tales como camionetas de doble rodado así como camiones de uno y dos ejes.

Actualmente el estado físico del lugar presenta ciertos daños en el camino propios de la temporada de lluvia, y es necesario mencionar por citar algunas obras que en varias de ellas existe deficiencia en su función así como en el tramo de cuneta contemplado en las imágenes que a continuación se muestran.



Cuneta en el km 3+400 al 3+600 hombro derecho.



Cuneta en el km 3+400 al 3+600 hombro derecho.

La cuneta arriba mostrada tiene la deficiencia de trabajo debido al azolve que presenta.



Alcantarilla en el km 4+380

Esta alcantarilla tiene dimensiones que se pueden considerar pequeñas por su ubicación, no obstante esto se revisará más adelante.



Alcantarilla en el km 4+840

Esta alcantarilla presenta un azolve que caso abarca el 50% de su área hidráulica.



Alcantarilla en el km 4+974.25

La alcantarilla mostrada presenta deformación den la tubería.



Alcantarilla en el km 5+800

Misma condición en la alcantarilla observada se presenta en las obras del km 5+600, 5+089, 5+891, 5+140 y 3+600, es por ello que se puede observar que no cumplen al cien por ciento con su función.

Es necesario mencionar que este tipo de obras no están cumpliendo con su cometido, así también no existe proyecto alguno de estas obras, por lo tanto, se puede observar que fueron construidas conforme a las necesidades que en su momento tuvieron importancia para la población.

### **3.5 Estudios de tránsito.**

Para el tramo en estudio se puede mencionar que dentro de los principales medios de transporte existen, camionetas de 3.5 ton, camiones de uno y dos ejes, así como autobuses de pasajeros que en gran porcentaje visitan el centro turístico conocido como “Los Chorros del Varal”, también en el trayecto del camino se localiza

la población de Las Calabazas y Los Palillos que presentan gran movimiento vehicular en su mayoría del tipo pick up.

### **3.6 Alternativas de solución.**

Para poder dar solución a los problemas de drenaje del tramo en cuestión se recomienda, en primer lugar, realizar los estudios necesarios para obras futuras en base a la magnitud de la misma sin dejar de hacerlo con obras pequeñas ya que estas en su mayoría se realizan sin ningún tipo de supervisión, citando a las obras de este tramo, se menciona que el proyecto del camino no contempla cálculos para las condiciones actuales de las obras, sin embargo, se pueden proponer obras complementarias que ayudarían a las existentes para que no se vea disminuida su área hidráulica, recomendando además otro tipo de obra, pudiendo ser a base de tubo o de bóveda según se requiera, y para ello realizar un proyecto colectivo de camino y obras de drenaje, el cual además de ser técnico y económico, debe encaminarse a ser de tipo social para poder conservar las obras procurando dar un mantenimiento frecuente lo cual ayudaría a mantener las existentes en buen estado y se pueda dar el uso que los habitantes requieren.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

La metodología para cualquier tipo de investigación es importante ya que, nos permite determinar cuál sería su enfoque. En este capítulo se mencionará la que fue empleada, señalando que método se empleó, el alcance que se utilizó en el trabajo, el tipo de diseño de la investigación, y los instrumentos empleados para la recopilación de datos, citando en qué consistió el proceso de investigación para la tesis en cuestión.

#### **4.1 Método Empleado.**

Al tener en cuenta que en la presente tesis se implican cálculos matemáticos, el método que se usó en este trabajo fue el método matemático cuantitativo, ya que en la revisión de las obras de drenaje del tramo carretero Los Reyes – Chorros del Varal fue necesario utilizar cantidades numéricas mediante fórmulas y realizar los cálculos para los distintos elementos involucrados.

##### **4.1.1 Método Matemático.**

El método matemático es el que, como su nombre lo indica, maneja cantidades y valores, así como formulas necesarias para su ejecución, según Mendieta (2005), el método usado en las matemáticas, es el genético que señala dónde dio origen el

objeto, el número entero es originado por la suma indeterminada de la unidad a sí misma.

Al aplicar el método cuantitativo, de acuerdo con Mendieta (2005), se determina que se utilizan, números que pueden ser de relaciones constantes, además también diversidad de hipótesis, así como, un sinfín de comprobaciones que se consideren para poder estar de acuerdo o no en algo que se está investigando.

#### **4.2 Enfoque de la Investigación.**

Al manejar datos de valores numéricos que involucran fórmulas, en este capítulo se cita que el tipo de investigación es del tipo cuantitativa, ya que, según Sampieri (2004), da la posibilidad de generalizar algún resultado con mayor profundidad, proporciona control sobre los fenómenos desde cualquier punto de vista al contar e interpretar la magnitud de este. El enfoque de esta investigación, tiene además, como, parte de su herramienta el poder tener un punto de vista distinto sobre algún fenómeno y poder comparar con estudios anteriores que se enfocaron sobre el mismo tema.

El enfoque que presenta este trabajo de tesis es mediante la investigación cuantitativa, ya que se realizó la comparativa de las obras de drenaje existentes, para determinar sus condiciones actuales y así poder determinar si son o no suficientes las



existentes mediante este tipo de investigación y, poder proporcionar algún tipo de solución al resultado final de este trabajo.

#### **4.2.1 Alcance.**

El alcance del el presente trabajo es del tipo descriptivo. Cita Sampieri (2004), que, describir situaciones, eventos y hechos, es propósito del investigador. Además los estudios del tipo descriptivo buscan especificar propiedades y características de cualquier fenómeno que pueda ser sometido a un análisis, según desde el punto de vista científico describir es recolectar datos o sea describir lo que se investigó.

En la presente tesis se tiene en cuenta partir de los datos de un proyecto, es decir, se tomarán estos para poder revisarlos en base a especificaciones de diseño y normas para el mismo, teniendo además que dentro del proyecto existen elementos que requieren de análisis para su interpretación y así realizar la comparativa necesaria para su resultado final.

#### **4.3. Diseño de la Investigación.**

Señala Sampieri (2004) que para el diseño de la presente investigación es considerada que es del tipo no experimental, ya que su clasificación es por su dimensión temporal o también por un cierto número de momentos o diferentes puntos considerados en el tiempo, para recabar datos para la investigación. Los diseños que

se consideren no experimentales pueden ser clasificados como transeccional y longitudinal; considerando en la presente investigación el transeccional a utilizar.

#### **4.3.1. Investigación Transeccional o Transversal.**

“Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia en un momento dado.” (Sampieri; 2004,270)

Cita Sampieri (2004) que la recolección de datos sucede, en un sólo momento, mencionando que los diseños transeccionales se dividen en: exploratorios, descriptivos y correlacionales.

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

Es posible que exista uno o más instrumentos de recopilación de datos, por ejemplo Sampieri (2004) cita que es usual que en los estudios cuantitativos se tomen en cuenta diversos tipos de cuestionarios al mismo tiempo, a diferencia de alguna prueba tipo estándar y recolección de contenidos para un análisis estadístico.

De igual forma para las investigaciones cualitativas son usadas las entrevistas, observaciones y documentos para tener diferentes percepciones de todas las incógnitas que se puedan presentar, siendo también los contextos y las personas.

Recabar antecedentes de datos involucra:

1. Elegir de entre uno hasta diversos métodos adecuados o desarrollarlos, así como cualitativos y cuantitativos, obedeciendo al estudio que se necesite, del planteamiento y de los alcances de la investigación.
2. Emplear las herramientas necesarias.
3. Preparar las mediciones derivadas o los datos levantados para su análisis.

Dice Sampieri (2004), que dentro del enfoque cuantitativo, el recabar datos es igual a medir, siendo este el proceso de vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos por medio de clasificar y cuantificar, y siempre es necesario medir las variables incluidas dentro de la hipótesis.

Debe existir seguridad y validez al recabar datos, además la confiabilidad cuantitativa es igual al grado en que la aplicación repetida de alguna herramienta al mismo elemento o elementos da resultados similares, además la validez cuantitativa es referida al grado mediante el cual un instrumento de medición efectivamente mide la variable que intenta medir.

Existen factores tales como la improvisación, el utilizar elementos creados en el extranjero y no aprobados para nuestro contexto que afectan la validez cuantitativa, se dice que no existe medición perfecta, mas sin embargo el error de la medición de ser el mínimo aceptado.

Calculando un coeficiente de confiabilidad es como es determinada la confiabilidad cuantitativa

Los coeficientes de confiabilidad cuantitativa puede ser nula o de total confiabilidad siendo la primera igual a cero, (0 = nula), y la segunda igual a uno, (1 = confiabilidad total).

Existen procedimientos para elaborar un instrumento de medición mediante los pasos genéricos a seguir que se mencionan a continuación:

1. Las variables a medir son enlistadas.
2. Se estudian sus definiciones conceptuales y operacionales.
3. Tener la opción de elegir uno ya existente o crear uno propio.
4. Mencionar como serán codificados los datos.
5. Llevar a cabo una prueba piloto
6. Llevar a cabo la construcción de su versión definitiva.

Para el trabajo de la tesis y por medio de la observación del tramo propuesto en este tema se considera indispensable utilizar herramientas necesarias, en este caso programas computacionales, como, el autocad y el civilcad para poder plantear los datos necesarios a procesar en excel, hablando de las secciones, perfil y planta del camino, también se apoyara este trabajo en investigación documental y de campo.

#### **4.5. Descripción del Procedimiento de Investigación.**

Se debe tener en cuenta que para el procedimiento de investigación en el desarrollo de este trabajo se inicio por ubicar el tramo carretero a desarrollar verificando datos de proyecto así como establecer una posible comparativa del estado actual. Posteriormente se necesitó del apoyo teórico para respaldar dicho trabajo, después se requirió precisar el alcance y las herramientas para recabar datos y así precisar el encuadre metodológico. Dentro del procedimiento una vez revisadas las variables del sistema de drenaje y encontrar los datos necesarios para su procesamiento, estos fueron capturados en los programas computacionales autocad, civilcad y excel, para, así tener un comparativo con la teoría obtenida, y revisar a detalle las variables del proyecto y determinar cuales fueron las conclusiones finales de este trabajo, además de cumplir con el objetivo y la pregunta que fue planteada en la investigación de esta tesis.

## **CAPÍTULO 5**

### **REVISIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO**

En el presente capítulo se mencionarán datos importantes del sistema de drenaje del proyecto en estudio, así como los elementos de drenaje que lo constituyen para analizar y determinar el buen funcionamiento de las mismas y diseñar nuevas obras si así lo requiere el tramo en cuestión.

#### **5.1 Datos de proyecto.**

Dentro del tramo carretero en estudio se tienen obras de drenaje a base de losa de concreto como la del km. 6+009 que mide 3.50 m de alto por 2.50 m de ancho así como aleros en los extremos hechos a base de piedra braza.



Vista aguas abajo.

Se cuenta además con alcantarillas a base de:



Losa de 2.00 m x 1.50 m del km. 3+598.43

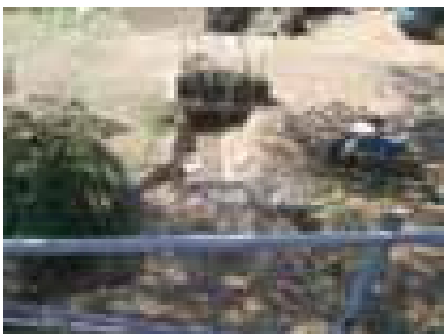
Vista aguas abajo.

Bóveda de 4.00 x 4.00 del km. 3+835.90



Vista aguas abajo.

Losa de 1.00 m x 1.00 m, del km. 4+143.08



Vista aguas abajo.



Vista aguas arriba.

Se puede observar que la alcantarilla del km. 4+143.08 tiene un su área hidráulica reducida aguas arriba y en aguas abajo se distingue un canal angosto en su trayecto.

Bóveda de 1.00 m x 1.00 m del km. 4+289.90



Vista aguas abajo.

Se en la alcantarilla del km. 4 + 289.90 existe basura y que gracias a eso pudiera verse reducida su área hidráulica con los arrastres de la misma.

Bóveda de 1.00 m x 1.00 m del km. 4+382.20



Vista aguas abajo.

Se distingue que también existe hierba en esta alcantarilla.



Losa de 1.00 m x 1.00 m del km. 4+842.90

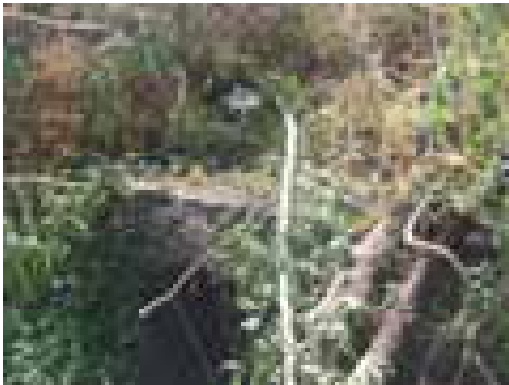


Vista aguas arriba.



Vista aguas abajo.

Tubo de 1.05 m de diámetro del km. 4+974.25



Vista aguas arriba.



Vista aguas abajo.

Claramente se distingue que aguas arriba existe gran cantidad de materia vegetal y que en la vista que se tiene aguas abajo se observa cierto aplastamiento del tubo.

Losa de 1.00 m x 1.00 m del km. 5+089.99



Vista aguas abajo

Losa de 1.00 m x 1.00 m del km. 5+586.65



Vista aguas arriba

Losa de 1.00 m x 1.00 m del km. 5+906.45



Vista aguas arriba

Las obras de los km. 5+089.99, 5+586.65 y 5+906.45, presentan en más de un 80% de su área hidráulica azolves.

También existen alcantarillas de las siguientes características:

Losa de 2.00 m x 1.00 m del km. 3+943.13

Losa de 1.00 m x 1.00 m del km. 5+348.15

Losa de 3.00 m x 2.00 m del km. 5+479.84

También se cuenta con cunetas en el hombro derecho del km. 3+300 al 3+600 siendo su longitud de 300 mts.



La cuneta en este tramo se encuentra físicamente dañada además de que se encuentra en gran parte azolvada.

El bombeo que se tiene de proyecto es del 2% en la tangente y en curvas del 10% para la sobre elevación que requiere, cabe señalar que las alcantarillas no cuentan con lavadero.

## 5.2 Revisión de proyecto.

En el presente inciso se harán los cálculos necesarios para la revisión del proyecto, iniciando por determinar la pendiente de la cuenca, ubicación de cunetas así como saber cuáles son las alcantarillas necesarias y sus dimensiones geométricas.

## 5.3 Determinación de la cuenca y su pendiente.

El límite marcado por la línea que se muestra en la figura indica donde se localiza cuenca que involucra al camino así como la ruta de este en el interior del polígono.



Carta topográfica de Los Reyes.

En base al criterio de Alvord, se emplea la siguiente fórmula para determinar la pendiente de la misma con los siguientes datos:

$$S_c = DL/A$$

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

$$L = 42859.60 \text{ m}$$

$$A = 313.51 \text{ has}$$

$$S_c = (20 * 42859.60) / (3135110) = 0.27$$

$$S_c = 27\%$$

La superficie de la cuenca se determino mediante el programa de computación AUTOCAD.

#### **5.4 Diseño de cunetas.**

Se propondrá el diseño para la cuneta en el tramo que comprende el km. 3+300 al 3+600, con una longitud de 300 m. y un área tributaria propuesta de 100 m<sup>2</sup> normales a la longitud de la cuneta.

Para Chávez (2008) se considerará al gasto Q1, como el originado por la precipitación que cae sobre el pavimento y al gasto Q2, al producido por la lluvia que cae dentro del área tributaria de la cuneta, y se toman datos obtenidos por la SCT para la precipitación máxima horaria la cual está comprendida de 30 mm.

La fórmula de Burkli – Ziegler será la usada para determinar el gasto que escurra por las cunetas.

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

Calculo de Q1 para calles pavimentadas C=0.75

$$A = (300) (3.5) / 10000 = 0.11$$

$$I = 3 \text{ cm.}$$

$$S = 68$$

$$Q1 = (0.022 * 0.75 * 3 * 0.11 (68/0.11))^{1/4}$$

$$Q1 = 0.27 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Calculo de Q2 para terrenos de cultivo C = 0.25

$$A = (300) (100) / 10000 = 3$$

$$I = 3 \text{ cm.}$$

$$S = 68$$

$$Q2 = (0.022 * 0.25 * 3 * 3 (68/3))^{1/4}$$

$$Q2 = 1.08 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Qt = Q1 + Q2$$

$$Qt = 0.27 + 1.08 = 1.35 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

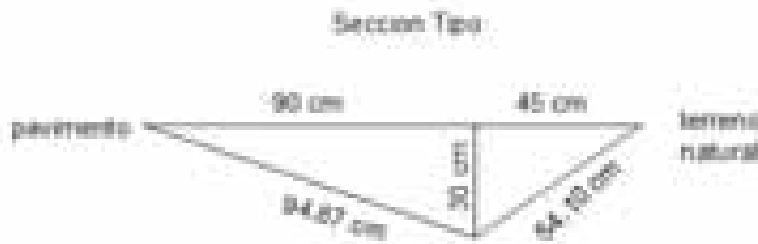
En seguida se revisará la cuneta tipo y así poder determinar si se encuentra dentro de los parámetros para que en su caso sea empleada en el proyecto. La cuneta tipo cuenta con las siguientes características:

Tiene un talud interior de 3:1 (del lado del camino) y 1.5:1 del lado exterior del camino.

Y por último un tirante de 30 cm.

Para ello se aplicará la fórmula de Manning

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



Tirante = 30 cm.

$$\text{Área hidráulica} = (0.90 \cdot 0.30) / (2) + (0.45 \cdot 0.30) / (2) = 0.202 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = 0.9487 + 0.5410 = 1.49 \text{ m}$$

$$\text{Radio Hidráulico} = 0.202 / 1.49 = 0.135 \text{ m}$$

Se tiene  $n = 0.02$

$$S = 0.068$$

Determinando el gasto Q

$$Q = (0.202) (1/0.02) * (0.135)^{2/3} * (0.068)^{1/2} = 0.69 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Se observa que el gasto de la cuneta tipo es menor que el desalojado en el lugar más desfavorable del proyecto, sin embargo, se optará por colocar la cuneta tipo en los sitios donde se necesiten debido a que la longitud no es tan grande como la anteriormente analizada y se cuenta con un número de alcantarillas.

Se puede considerar la cuneta tipo en los siguientes tramos del hombro derecho:

Del km.	Al km.	Longitud de cuneta (m)
3+840	3+940	100
3+950	4+080	130
4+600	4+840	240
4+860	5+000	140
5+020	5+100	80
5+160	5+3+340	180
5+800	5+900	100
5+940	6+100	60

Y del hombro izquierdo

Del km.	Al km.	Longitud de cuneta (m)
3+300	3+500	200
3+950	4+080	130
4+600	4+840	240
4+860	5+000	140
5+020	5+100	80
5+160	5+340	180

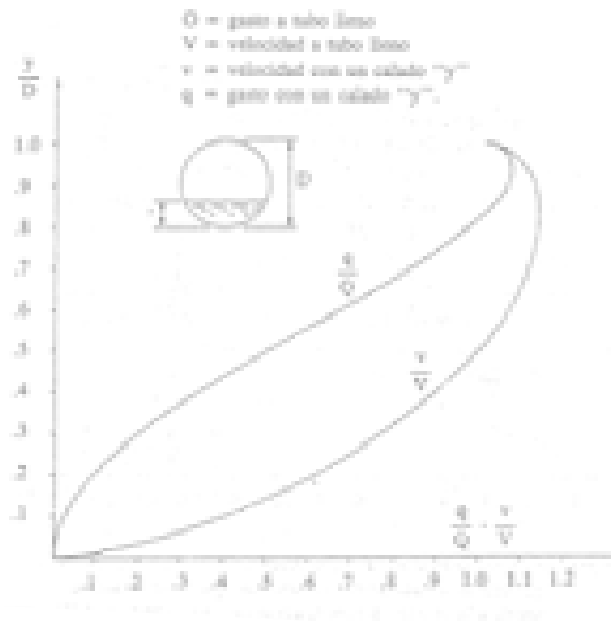


### 5.5 Diseño de alcantarillas.

Se analizarán las alcantarillas tanto de losa como de tubo para determinar si las dimensiones cumplen con el proyecto propuesto.

Partiendo del gasto crítico que fue de  $Q=1.35 \text{ m}^3/\text{seg}$ , este mismo será utilizado en las obras de alivio.

En empatía con Chávez (2008) el cual menciona que para este caso se empleara la grafica para diseño de alcantarilla de tubos la cual se muestra a continuación, recomendando que para evitar que trabaje a tubo lleno se propone que el tirante sea igual al 70% del diámetro del tubo además se tendrá una velocidad no mayor a 1.50 m/seg.



Gráfica de diseño.

Datos de diseño:

$$q = 1.35 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$v = 1.05 \text{ m}/\text{seg}$$

y = tirante

D = diámetro

Por lo tanto se tiene que  $y = 0.70 D$ ;  $y/D = 0.70$

Obteniendo de la grafica  $q/Q = 0.80$ ;  $v/V = 1.1$

Realizando del despeje de operaciones:

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

$$Q = q/0.80 = 1.35/0.80 = 1.68 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Dado que  $A = Q/V$

$$A = 1.68 / 0.91 = 1.87 \text{ m}^2$$

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

$$D = ((4*1.87) / (3.1416))^{1/2} = 1.54 \text{ m}$$

Dentro del mercado no existen tubos con este diámetro, sin embargo la norma actual de la SCT especifica como diámetro mínimo de 1.07 m, por lo tanto, se sugiere colocará 2 tubos de 1.07 m de dm.

Enseguida se calculará la pendiente de la alcantarilla para que pueda cumplir con la velocidad marcada.

Datos:

$$Q = 1.35 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$D = 2.14 \text{ m}$$

$$A = 3.1416 * (2.14^2/4) = 1.79$$

$$P = (3.1416) * (2.14) / 2 = 3.36$$

$$R = 1.79/3.36 = 0.53$$

$n = 0.01$  (coeficiente de Manning)

De la formula de Manning se tiene

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

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

$$S = [1.35 / ((1.79) (1/0.01) (0.53)^{2/3})]^{1/2}$$

$$S = 0.11; \text{ por lo tanto } S = 11\%$$

Dado que el diámetro de diseño es de 1.54 m se puede considerar la posibilidad de disminuir la pendiente, para este caso se emplearan 2 tubos de 1.07 m de dm para poder librar su capacidad debido a azolves, basura y otros agentes externos que pudieran ver limitada su función.

Los tubos de 1.07 m de diámetro se utilizaran en el km. 4+974.20.

### **5.5.1 Diseño de alcantarilla de losa.**

Se procederá a realizar el análisis y diseño de la alcantarilla de losa ubicada en el Km 6+009 para lo cual se utilizara la carta topográfica de la cuenca para así determinar su área hidráulica.



Se considerará la fórmula de Talbot para determinar el área de la alcantarilla, tomando el valor del coeficiente para un terreno ligeramente ondulado teniendo entonces:

$$C = 0.40$$

A = Área de subcuenca expresada en hectáreas = 76.00 has.

S = Área de la sección que debe tener la alcantarilla.

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

$$S = 0.1832 * 0.40 * (76)^{3/4}$$

$$S = 1.88 \text{ m}^2$$

Se observa que el área de la alcantarilla pudiera ser pequeña debido a los cambios que a futuro se pudieran presentar, además se recomienda utilizar el gasto

crítico que es de 1.35 m<sup>3</sup>/seg el cual fue el resultado en una longitud de cuneta de 300 m, y se podría considerar 150 m a cada lado de la alcantarilla. También se propone sumar el área similar a la del tubo anteriormente revisado, lo que daría como resultado de 1.88 m<sup>2</sup> + 1.54 m<sup>2</sup> = 3.42 m<sup>2</sup> considerando una alcantarilla de 2.50 m de ancho se tendría 1.36 m de alto, y para prevenir posibles azolves se considera incrementar la altura en 0.50 m lo que daría una sección de 2.50m X 1.8m, entonces se puede suponer las dimensiones de 2.50m X 2.00m teniendo como resultado 5.00 m<sup>2</sup>.

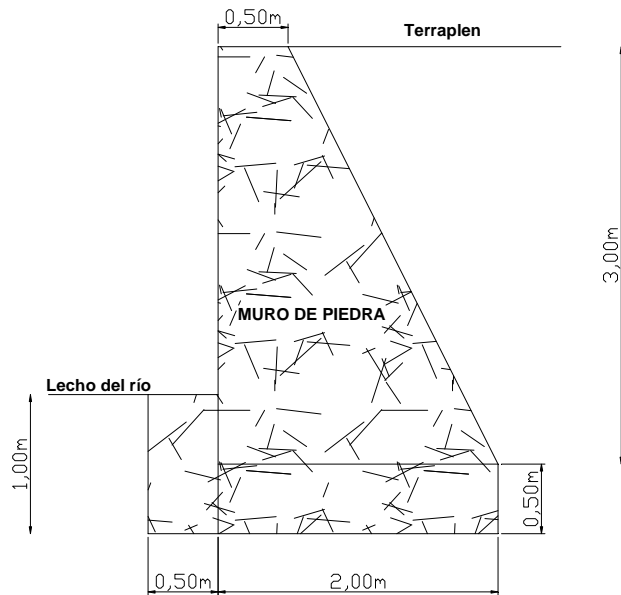
La alcantarilla será revisada y diseñada a base de muros de mampostería y aleros, así como una losa de concreto armado.

### **Diseño del muro.**

El peso específico de suelo compactado será de 1.60 tn/m<sup>3</sup>

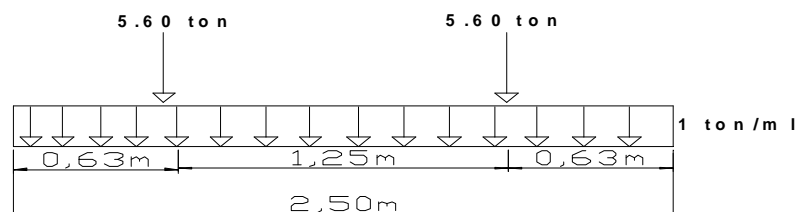
El peso específico para el muro de mampostería será de 2.80 tn/m<sup>3</sup>

Se considera la siguiente sección para su análisis

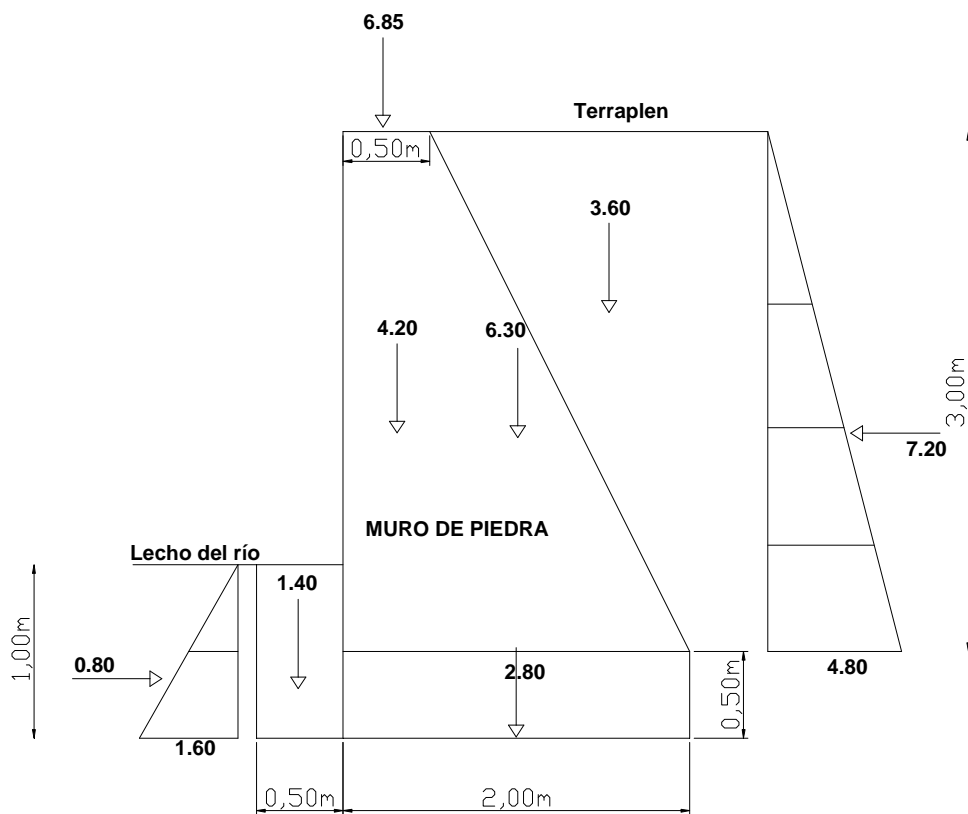


Se considerará dentro del análisis de cargas verticales a las ocasionadas por un vehículo de de tres ejes con una carga de 22.50 Ton repartidas entre sí, entonces se tiene una carga de 7.50 Ton por eje, lo que sería 3.75 Ton en cada par de llantas por lo tanto se redondeará a 4 ton y aplicando un factor de 1.40 para la posición más desfavorable se tiene una carga concentrada de 5.60 ton, la losa será de 30 cm de espesor con un peso específico del concreto de 2.40 ton/m<sup>3</sup> lo cual da como resultado una carga lineal de 0.72 ton/ml en la que también se considerará un factor de 1.40, por lo tanto, se tiene 1.00 ton/ml.

Para la alcantarilla, el claro de losa será de 2.50 m y las cargas se observan en la siguiente viga:



Mediante estas dimensiones se tienen  $5.60 \text{ ton} \times 2 = 10.20 \text{ ton} + 1 \text{ ton} \times 2.50 = 2.50 \text{ ton}$ , entonces  $12.70 \text{ ton}$  entre dos apoyos =  $6.85 \text{ ton}$  por apoyo, la cual se considera para la carga vertical del muro para la suma en la misma dirección.



Con la suma de fuerzas actuantes se procederá a revisar el muro por volteo y deslizamiento.

Determinando las fuerzas verticales que actúan de forma vertical.

$$W1 = 0.5 (1)*(1)*(2.80) = 1.40 \text{ ton}$$

$$W2 = 0.5 (3)*(1)*(2.80) = 4.20 \text{ ton}$$

$$W3 = ((1.5*3)/2)* (1)*(2.80) = 6.30 \text{ ton}$$

$$W4 = 0.5 (2)*(1)*(2.80) = 2.80 \text{ ton}$$

$$W5 = (1.5*3*1.6*1)/2 = 3.60 \text{ ton}$$

$$W6 = 6.85 \text{ ton}$$

Determinando cargas horizontales.

$$Wv1 = ((1*1.60)/2)*(1) = 0.80 \text{ ton}$$

$$Wv2 = 3*1.6 *(3*(1/2)) = 7.20 \text{ ton}$$

Revisión al esfuerzo por volteo a partir de la parte izquierda inferior.

$$Mr = (1.40 * 0.25) + (4.20 * 0.50) + (6.30 * 1.50) + (2.80*1.50) + (3.60*2.0) + (6.85*0.50) + (0.80*0.33) = 26.99 \text{ t-m}$$

$$Ma = 7.2 * 1.50 = 10.80 \text{ t-m}$$

Se tiene que  $26.99/10.80 = 2.50$  mayor a 1 por lo tanto se acepta la sección por volteo.

Se revisará por deslizamiento.

Sumando fuerzas horizontales se tiene:

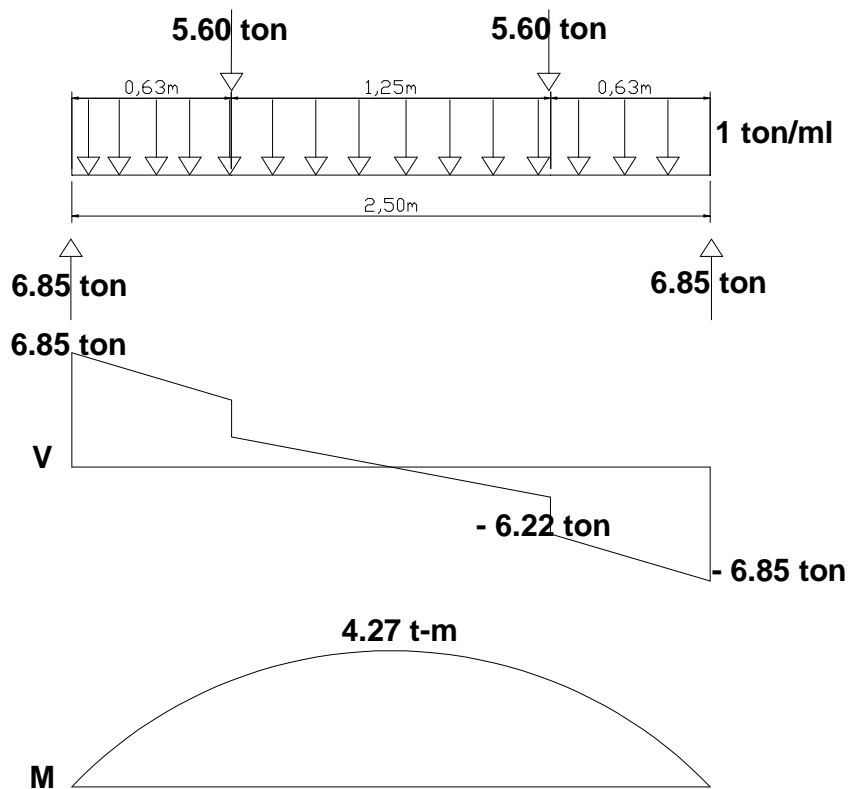
$$Fh = 7.20 - 0.80 = 6.40 \text{ tn}$$

La sumatoria de fuerzas verticales es igual a 25.15 ton.



Se tiene entonces que  $6.4/25.25 = 0.25$  menor al factor de deslizamiento que es igual a 2 por lo tanto se acepta la sección por este concepto.

Ahora se procederá a diseñar la losa de concreto propuesta, los diagramas de fuerza cortante y momento quedan de la siguiente manera:



El diseño será para el cortante máximo y momento máximo según la Normas Técnicas Complementarias (NTC).

$$V = 6850 \text{ kg}$$

$$M \text{ max} = 427000 \text{ kg-cm}$$

La viga propuesta será con las siguientes dimensiones para momento máximo.

$$h = 30 \text{ cm}$$

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

$$d = 26 \text{ cm}$$

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

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

$$f^*c = 0.80 f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$Mu = Fc (M) = 1.1 (427000) = 469700 \text{ kg-cm}$$

$$P \text{ min.} = [(0.70 * (f'c)^{1/2} / fy) = 0.00263523$$

$$P \text{ val.} = (f''c/fy) * ((4800/(6000+fy)) = 0.01904762$$

$$P_{\text{max}} = 75\% \text{ val} = 0.01428571$$

$$P_n = (f''c/fy) * (1 - [1 - (2Mr/(fr) * (b) * (d)^2 * (f''c))]^{1/2}) = 0.00396$$

Como  $P \text{ min} < P_n < P \text{ val}$  por lo tanto se acepta el  $P_n$

$$\text{El área de acero necesario es } As = (P_n) * b * d = (0.00396 * 100 * 26) = 10.30 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varilla del No 5  $A = 1.98 \text{ cm}^2$  se tiene:

$$S = (100 (1.98))/10.30 = 19.22 \text{ cm}$$

Se colocara varilla del No 5 @ 20 cm

Diseño por cortante

Como  $P < 0.01$

$$V_{cr} = f_r b d (0.20 + 30 \rho) (f'_c)^{1/2}$$

$$f_r = 0.80$$

$$V_{cr} = 0.8 (100) (26) [0.20 + (30 * 0.00396)] (200)^{1/2} = 9377 \text{ kg.}$$

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

Se considerará refuerzo por cambio de temperatura.

$$A_s = (660 * X_1) / (f_y (X_1 + 100)); \text{ siendo } X_1 = 30 \text{ cm}$$

$$A_s = (19800 / 54600) = 0.0362 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$A_s = 0.0362 * 100 = 3.62 \text{ cm}^2$$

Debido a que la estructura está expuesta a la intemperie se multiplicará por el factor de 1.5

$$A_s = 3.62 * 1.5 = 5.43 \text{ cm}^2$$

Proponiendo varilla del No 4

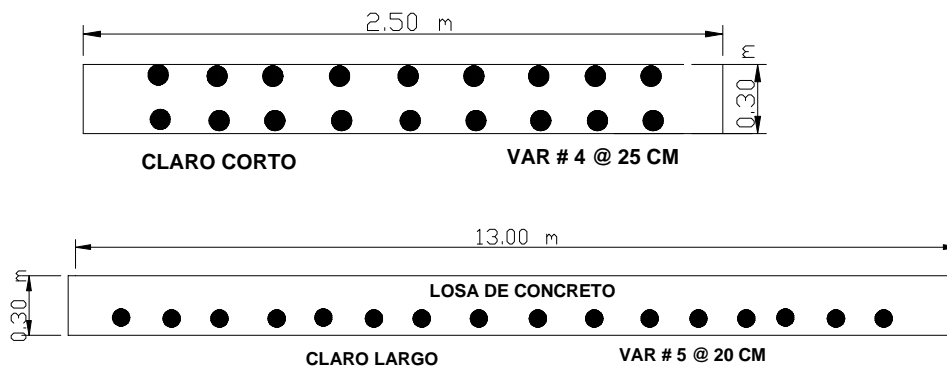
$$S = (100 (1.27)) / 5.43 = 23.38 \text{ cm}$$

Se colocarán varillas del No 4 @ 25 cm por cambio de temperatura.

Por lo tanto, se tiene el refuerzo de la siguiente manera:

Claro corto varilla de No 4 @ 25 cm.

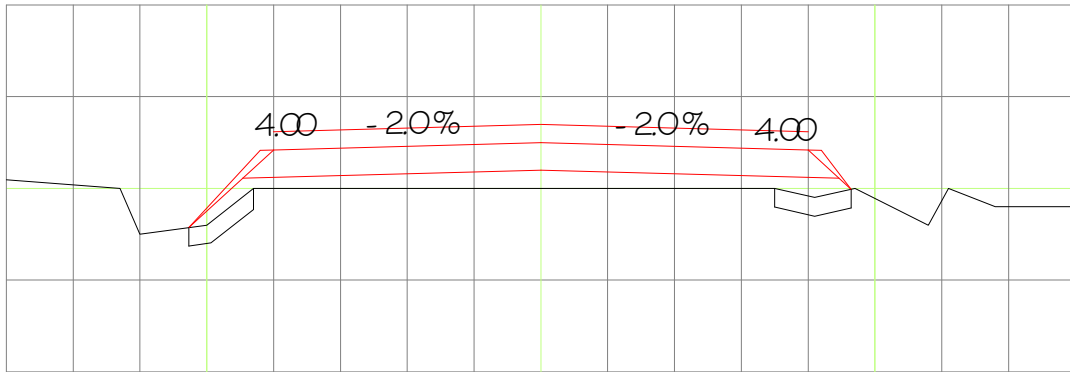
Claro largo varilla del No 5 @ 20 cm.



El armado en el claro corto será prolongado 40 cm hacia los apoyos, además se construirán aleros en aguas arriba y abajo de la alcantarilla los cuales serán de piedra braza construido monolíticamente con el muro colocada con mortero cemento arena 1:3, se propone además un zampeado en el piso de la alcantarilla para proteger de posibles socavaciones esa zona, además de considerar la colocación de un lavadero aguas arriba para evitar acumulaciones de basura, ramas y otros objetos que se pudieran acumular en esa zona.

### 5.6 Diseño de bombeo.

El bombeo del proyecto será revisado para que este cumpla con el 2% requerido para un desalojo adecuado del agua del camino, así como, la sobre elevación en las curvas, ya que deberán tener la pendiente necesaria para la buena circulación vehicular, el bombeo de proyecto es el considerado en las secciones las cuales se encuentran el lo plano 3, de los anexos, mostrando a continuación una sección tipo.



### 5.7 Comparativa entre proyecto nuevo y existente.

La comparativa entre un proyecto que fue realizado en un tiempo y periodo no conocido y las condiciones actualmente construidas en el tramo, permiten tener una mayor información para determinar las variantes que coinciden y no entre uno y otro.

Se puede observar que en el proyecto se carece de localización de algunas obras de drenaje tales como cunetas y lavaderos lo que mediante una inspección visual se puede observar que en gran parte del camino son necesarias las cuales se mencionan en el inciso 5.3 del diseño de cunetas, en la alcantarilla del km 3+598.43 aguas abajo, se tiene una obra parecida a una cuneta con dimensiones mayores a las que son de las cuneta tipo, en la cual termina el desalojo de agua del camino por medio de la cuneta del km 3+300 al 3+600, esta obra pudiera funcionar como

lavadero si se amplía la sección y así poder evitar azolves propios que se concentran en las cunetas.

En la obra del km 3+840, aguas abajo, el muro de contención presenta cierta socavación lo cual representa un riesgo en las capas del camino, por lo cual se propone ampliar el muro, para poder contener el deslave del terreno, además de colocar bordillo en el hombro derecho del km 3+840 al 3+940, debido al proyecto se considera que el terraplén del camino se elevará, por lo que se considera ampliar los cabezotes de las alcantarillas existentes en el tramo.

Respecto a la alcantarilla de tubo que se encuentra en km. 4+974.2, se reviso que el área hidráulica es insuficiente para desalojar el agua por lo que se recomendó la colocación 2 tubos de 1.07 m de diámetro, y se observo que el tubo del lugar presenta cierto aplastamiento lo que representa riesgo para el camino.

La alcantarilla de losa del km 6+009 cuenta con un área hidráulica suficiente para su función, sin embargo se recomienda que se construya un lavadero aguas arriba para un mejor desempeño.

El bombeo tanto en el proyecto nuevo, así como al ya construido tienen los porcentajes similares.

En lo que respecta a las alcantarillas de losa en el tramo se observa que no están cumpliendo con el desalojo de agua debido a que presentan gran reducción de

su área hidráulica, en este caso se recomienda limpiar periódicamente las obras, ya que se observó que debido a que el lugar es propiamente de actividad agrícola, los habitantes utilizan las obras de drenaje para el suministro de agua en sus terrenos realizando bloqueos o desvíos del líquido dentro de las obras.

Los aspectos antes mencionados indican que se deben considerar más variantes en un camino, hablando en lo que a las obras de drenaje se refiere, esto quiere decir, recabar datos de la zona para el diseño de obras, conocer cuál es su actividad de trabajo, que área de la cuenca limita el lugar, los aspectos técnicos para proyecto, y asesorar a los habitantes para el buen uso de las obras por medio de proyectos incluyentes en base a sus necesidades con la finalidad de contar con un camino seguro.

## CONCLUSIÓN

Lo realizado en el proceso de investigación de esta tesis, basada en revisar de manera física y visual las condiciones actuales que presentan las obras de drenaje, cuyo motivo fue el inicio de este trabajo y que se cumplió en su totalidad, realiza una comparativa de las obras existentes y proponer en su defecto la necesarias, lo que dio como resultado que al revisar el sistema de drenaje se encontraron obras que no cumplen con su función ya que el lugar se observa que es de precipitaciones altas, y que, al realizar el análisis que corresponde al gasto que se presenta en la zona y las dimensiones de los elementos se encontró que éstas no son suficientes teniendo como resultado en base a la investigación que se realizó, que el sistema de drenaje es considerado como insuficiente.

Las preguntas que dieron origen al desarrollo de esta tesis tuvieron respuesta, ya que mediante el resultado se entendió qué importancia tiene la topografía en una vía carretera, la importancia de un buen sistema de drenaje y la pregunta que cita si dentro del tramo carretero Los Reyes – Chorros del Varal, del km 3+300 al 6+100 habrán sido construidas las obras de drenaje adecuadamente.

En cuanto a lo que refieren los objetivos en base a definir que es un sistema de drenaje, así como tener un desalojo de agua adecuado en la carretera para proporcionar seguridad al usuario y prolongar la vida útil del camino, hacen notar que las obras de drenaje citadas en este proyecto son de gran importancia, ya que



también, se debe considerar la recomendación de nuevas obras por falta de las mismas.

Los resultados que se encontraron en este trabajo en cuanto a la falta de obras o mal funcionamiento de las mismas, indican que se debe tomar en cuenta todas las variantes que puedan existir en un proyecto, citando además, la manera en que fue construido, hablando particularmente de la alcantarilla de tubo que se encuentra en km. 4+974.2, se observa que sufrió aplastamiento y que se puede deber a un mal proceso constructivo acompañado tal vez por un crecimiento de población, lo que ocasionó que fuera necesario que el camino pasara por encima de esta obra.

El presente trabajo dio resultados que se consideran de suma importancia y que se pudieran interpretar de forma distinta, sin embargo lo que aquí se expuso corresponde al tramo en cuestión, además que, los métodos utilizados son únicamente para este trabajo, ya que en caso de requerir realizar un nuevo proyecto similar a este sistema de drenaje se tienen que considerar las variables propias del lugar al que se refiera, para realizar todas las etapas nuevamente y considerar las normas de construcción existentes en el tiempo que sea realizado.

## BIBLIOGRAFÍA

Arias Rivera, G. Carlos. (1984)

Cuaderno de comportamiento de suelos,

Ed. UNAM, México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2007)

Vías de comunicación,

Ed. Limusa, México.

Chávez Álvarez, Gabriel. (2008)

Revisión de obras de drenaje del tramo "0+100 al 2+000" de la carretera  
Ziracuaretiro-La Ciénega,

Tesis Inédita de la Esc. de Ing. Civil de la Universidad Don Vasco, A.C. de Uruapan  
Mich., México

Hernández Sampieri, Roberto Carlos y Cols. (2004)

Metodología de la investigación,

Ed. Mc. Graw Hill. México.

Mendieta Alatorre, Ángeles. (2005)

Métodos de investigación y manual académico,

Ed. Porrúa, México.

Mier S. José Alfonso. (1987)

Introducción a la ingeniería de caminos,

UMSNH, México

Olivera Bustamante, Fernando. (2006)

Estructuración de vías terrestres,

Ed. Continental, México.

Springall G., Rolando. (1980)

Hidrología primera parte,

Ed. Facultad de ingeniería, UNAM, México.

#### OTRAS FUENTES

<http://www.emexico.gob.mx>

